



Centro Universitário de Brasília - UniCEUB  
Instituto CEUB de Pesquisa e Desenvolvimento - ICPD

**KENYA CARLA CARDOSO SIMÕES**

**IMPACTO AMBIENTAL E ESTRATÉGIAS DE MANEJO DA ESPÉCIE  
INVASORA *ARUNDO DONAX* L. (CANA-DO-REINO) NO DISTRITO  
FEDERAL, BRASIL.**

Brasília

2014

**KENYA CARLA CARDOSO SIMÕES**

**IMPACTO AMBIENTAL E ESTRATÉGIAS DE MANEJO DA ESPÉCIE  
INVASORA *ARUNDO DONAX* L. (CANA-DO-REINO) NO DISTRITO  
FEDERAL, BRASIL.**

Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UniCEUB/ICPD) como pré-requisito para a obtenção de Certificado de Conclusão do Curso de Pós-graduação *Lato Sensu*, na área de Análise Ambiental e Desenvolvimento Sustentável.

Orientador: Gilson Ciarallo

Brasília

2014

**KENYA CARLA CARDOSO SIMÕES**

IMPACTO AMBIENTAL E ESTRATÉGIAS DE MANEJO DA ESPÉCIE  
INVASORA *ARUNDO DONAX* L. (CANA-DO-REINO) NO DISTRITO  
FEDERAL, BRASIL.

Trabalho apresentado ao Centro Universitário de  
Brasília (UniCEUB/ICPD) como pré-requisito para a  
obtenção de Certificado de Conclusão do Curso de  
Pós-graduação *Lato Sensu*, na área de Análise  
Ambiental e Desenvolvimento Sustentável.

Orientador: Gilson Ciarallo

Brasília, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Banca Examinadora

---

Prof. Dr. Luiz Carlos B. Nasser

---

Prof. Dr. João Batista Drummond Câmara

Dedico a minha mãe, meu pai, meus irmãos, e em especial a  
minha vó Lúcia, meu vô José, minha irmã Keli, e ao meu tio

Sérgio (*in memoriam*).

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar a Deus, por está presente em todos os momentos me dando força, fé e perseverança.

A toda minha família, em especial meu pai e minha mãe que sempre me ensinaram que o caminho para o sucesso é através dos estudos. Além de sempre se sacrificarem para me dar uma educação de qualidade. Amo vocês. Muito!

A minha vó, meu vô, meu tio, e minha irmã que não estão mais presentes aqui comigo, mas que sempre me apoiaram a estudar, mostrando que eu era capaz de conseguir tudo o que eu queria. Tenho certeza que onde eles estiverem estarão felizes com essa minha vitória. Saudades!

Ao Dr. Luiz Carlos Nasser, meu professor na graduação e agora na pós-graduação, que sempre me mostrou que eu tinha potencial e por sempre ter acreditado em mim. Obrigada!

E, ao UniCEUB, pelas boas lembranças da graduação e agora da pós-graduação. Não poderia ter escolhido melhor local para estudar.

## RESUMO

A degradação do solo e dos ecossistemas nativos e a dispersão de espécies exóticas são as maiores e mais amplas ameaças à biodiversidade do Cerrado. *Arundo donax* L. (CANA DO REINO) é uma espécie invasora vigorosa que se estabeleceu e espalhou em habitats ripários com clima quente. Uma vez estabilizada, essa espécie se espalha rapidamente, substituindo a vegetação nativa, causando vários impactos no ecossistema. O estudo aqui apresentado tem por objetivo avaliar os impactos ambientais da espécie invasora *Arundo donax* L. (CANA-DO-REINO) no Distrito Federal, Brasil. Os impactos dessa planta afetam tanto os sistemas bióticos, compostos de fauna, flora e microorganismos, além do sistema físico, como ar, água e solo. Ainda não foram testadas práticas de manejo para essa espécie no Brasil. As principais práticas adotadas são as executadas na Califórnia, nos Estados Unidos. Essas práticas envolvem controle mecânico, químico e biológico. Devido a extensão do problema aqui no Distrito Federal é imprescindível o início do manejo dessa espécie como forma de controlar o processo de invasão biológica.

Palavras chaves: Invasão Biológica. Biodiversidade. *Arundo donax*, Gramíneas Invasoras. Ecologia.

## ABSTRACT

Soil degradation and native ecosystems and the spread of exotic species are larger and broader threats to biodiversity in the Cerrado. *Arundo donax* L. (GIANT REED) is a vigorous invasive species that has established and spread in riparian habitats with warm weather. A stabilized again, this species spreads rapidly by replacing native vegetation, causing various impacts on the ecosystem. The present study aims to assess the environmental impacts of *Arundo donax* L. invasive species (GIANT REED) in the Federal District, Brazil. The impacts of this plant affect both biotic systems, composed of fauna, flora and microorganisms, in addition to the physical system, such as air, water and soil. Yet management practices for this species in Brazil were tested. The main practices are implemented in California in the United States. These practices involve mechanical, chemical and biological control. Because the extent of the problem here in Federal District, is essential to early management of this species as a way to control the process of biological invasion.

Key words: Biological Invasion. Biodiversity. *Arundo donax*, Invasive Grasses. Ecology.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
CAPÍTULO 1 – ESPÉCIE ESTUDADA: <i>Arundo donax</i> L (CANA-DO-REINO)	18
CAPÍTULO 2 Impactos ambientais e estratégias de manejo de <i>Arundo donax</i> L (CANA-DO-REINO) no Distrito Federal.	33
2.1. O problema da espécie no Distrito Federal.	33
2.2. Impactos ambientais.	38
2.3. Propostas de Manejo	45
CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS	51



## INTRODUÇÃO

O Brasil possui a maior biodiversidade do planeta, sendo considerado o mais rico entre os países detentores de megadiversidade (MMA, 1998). O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, ocupando aproximadamente 1,8 milhão de km<sup>2</sup>, e compreende uma larga variedade de fisionomias savânicas que dominam o Centro-Oeste brasileiro. Sua flora é rica e possui 13.171 taxa nativos, distribuídos em 11.627 espécies (COUTINHO, 1990; MENDONÇA *et al.*, 1998; UNESCO, 2000; SANO *et al.*, 2008). Quarenta e quatro por cento da flora é endêmica e, nesse sentido, o Cerrado é a mais diversificada savana tropical do mundo (KLINK; MACHADO, 2005).

Esse bioma é um dos *hotspots* mundiais de biodiversidade (MYERS *et al.* 2000; SILVA; BAETAS, 2002), que apesar de sua importância ecológica, não tem recebido a devida importância nas práticas e políticas conservacionistas governamentais. Ao contrário, as políticas públicas têm estimulado o avanço da atividade agropecuária, de tal modo que as taxas de desmatamento no bioma são superiores às da floresta Amazônica (KLINK *et al.*, 1995; MACHADO *et al.*, 2004).

O Distrito Federal, com uma área de 5.814 km<sup>2</sup>, possui cerca de 43% de sua cobertura vegetal original (UNESCO, 2000). As principais áreas protegidas do Distrito Federal são o Parque Nacional de Brasília (42389,01 ha), Estação Ecológica de Águas Emendadas (10547 ha), Jardim Botânico de Brasília (4518 ha), Reserva Biológica da Contagem (3462 ha), Reserva Ecológica do IBGE (1400 ha), Fazenda Água Limpa (4500 ha), ressaltando que a FAL não é uma Unidade de Conservação. Além dessas, o Distrito Federal ainda possui 68 parques criados por decretos, como, por exemplo, o Parque Ecológico e de Uso Múltiplo Olhos D'Água, na Asa Norte, Brasília, DF. Porém, com relação a esses, o que se observa é

que a maioria não foi totalmente implantada. Mas mesmo assim são áreas que conservam esse bioma, que se encontra bastante ameaçado.

De acordo com Klink e Machado (2005) a degradação do solo e dos ecossistemas nativos e a dispersão de espécies exóticas são as maiores e mais amplas ameaças à biodiversidade do Cerrado. De fato, as escalas de avanço das espécies invasoras, como também, a falta de políticas efetivas para sua prevenção e controle, tornam a invasão biológica, juntamente com as mudanças antrópicas nas paisagens naturais e as alterações na atmosfera, os maiores agentes das mudanças globais (MACK *et al.*, 2000). O impacto sobre a biodiversidade é tão relevante que essas espécies estão, atualmente, sendo consideradas a segunda maior ameaça à perda de biodiversidade, após a destruição dos habitats, afetando diretamente as comunidades biológicas, a economia e a saúde humana (MMA, 2012).

Horowitz *et al.*, 2007, com base em ampla revisão bibliográfica, propôs as seguintes definições básicas relacionadas ao processo de invasão biológica:

- Espécies nativas: são as espécies ocorrentes dentro de sua área de distribuição natural.
- Espécies exóticas ou introduzidas: são aquelas que ocorrem numa área fora de seu limite natural historicamente conhecido, como resultado de dispersão acidental ou intencional por ação humana.
- Espécies exóticas casuais: são espécies introduzidas que sobrevivem no ambiente sem deixar descendentes e que se extinguem do local após completar o seu ciclo de vida.
- Espécies estabilizadas ou persistentes: são espécies introduzidas que sobrevivem, se adaptam, reproduzem, deixam descendência e persistem no ambiente.
- Espécies exóticas invasoras: são espécies estabilizadas que proliferam, dispersam e colonizam novos territórios e tornam-se dominantes nos ambientes em que ocorrem.

- Invasão biológica: é um fenômeno ecológico que consiste na instalação, seguida de grande proliferação de uma espécie não nativa do ambiente, levando ao desequilíbrio da comunidade, podendo afetar os processos ecológicos, o meio físico e trazer danos econômicos.

O estabelecimento, naturalização e expansão das espécies invasoras são responsáveis por grandes mudanças na composição das espécies, estrutura das comunidades e nas principais funções dos ecossistemas naturais (MACDONALD, 1988; D'ANTONIO; MEYERSON, 2002; MARTINS *et al.*, 2004; PANETTA; TIMMINS, 2004). Dessa forma, os efeitos da invasão biológica podem ser observados em diferentes níveis ecológicos: 1) indivíduo (ex: redução do crescimento ou reprodução); 2) tamanho da população, estrutura e composição genética (ex: extinção); 3) composição da comunidade e estrutura; e 4) processos do ecossistema (ex: ciclagem de nutrientes) (BYRES *et al.*, 2001).

Vários estudos têm mostrado que a invasão por espécies exóticas pode afetar a estrutura das comunidades de plantas e animais, a ciclagem de nutrientes, a produtividade, a hidrologia e o regime de fogo. Porém, os mecanismos pelos quais as espécies invasoras causam esses impactos ainda não estão completamente esclarecidos (MACDONALD *et al.*, 1986; FILGUEIRAS, 1990; LEVINE *et al.*, 2003).

Segundo Pivello (2011), dentre as invasoras mais agressivas do cerrado, encontram-se as gramíneas africanas. Ao chegarem no cerrado, essas encontraram condições ecológicas semelhantes às de seus habitats de origem - as savanas africanas - o que facilitou sua disseminação. Além da semelhança climática (especialmente os regimes de chuvas e temperatura), fatores de sua própria biologia também contribuíram para seu sucesso como invasoras do cerrado: são heliófilas e possuem metabolismo C<sub>4</sub>, sendo adaptadas para colonizar áreas abertas e ensolaradas, como os campos e cerrados brasileiros; têm alta eficiência fotossintética e na utilização dos nutrientes, sobrevivendo em solos menos férteis;

apresentam altas taxas de crescimento, rebrotamento e regeneração, além de alta tolerância ao desfolhamento e à herbivoria; sua eficiência reprodutiva se deve ao ciclo reprodutivo rápido, à intensa produção de sementes com alta viabilidade, que formam um banco de sementes denso, à alta capacidade de dispersão por sementes anemocóricas e por reprodução vegetativa, à alta capacidade de germinação. Todos esses fatores caracterizam um comportamento oportunista, que permite a rápida re-colonização de áreas queimadas e/ou perturbadas, fazendo com que essas gramíneas africanas possam competir com vantagem e deslocar espécies nativas do cerrado (COUTINHO, 1982; BARUCH *et al.*, 1985; D'ANTONIO; VITOUSEK, 1992; FREITAS, 1999; PIVELLO *et al.*, 1999a).

Além de afetarem diretamente as populações herbáceas nativas por competição, podendo causar extinções locais e perda direta de biodiversidade, as gramíneas africanas impactam o ecossistema como um todo, descaracterizando as fisionomias e modificando sua estrutura. Alguns estudos mostram que, devido à intensa produtividade dessas gramíneas, que geram grande quantidade de biomassa combustível - especialmente na época seca, quando suas partes epígeas tornam-se dessecadas - podem alterar o regime de fogo das áreas invadidas, facilitando a ocorrência de grandes incêndios (HUGHES *et al.*, 1991; D'ANTONIO; VITOUSEK, 1992; ASNER; BEATTY, 1996); podem também alterar processos vitais, como o ciclo de nutrientes, reduzindo drasticamente a quantidade de nitrogênio inorgânico no solo, em razão da grande captação e utilização deste elemento durante seu crescimento. Em consequência, outros processos ecológicos, como a dinâmica sucessional, podem ser comprometidos (D'ANTONIO; VITOUSEK, 1992; ASNER; BEATTY, 1996). Ainda, ao formarem densa camada de biomassa, reduzem drasticamente a luminosidade na superfície do solo, podendo impedir os processos de germinação e o recrutamento de espécies nativas presentes no banco de sementes, bem como a regeneração natural de habitats (HUGHES; VITOUSEK, 1993).

Os efeitos nocivos das gramíneas exóticas, porém, não se dão apenas por competição com plantas nativas. A fauna também pode ser afetada, especialmente por substituição de espécies vegetais que lhes serviam como fonte de alimento ou por modificação de habitat (PIVELLO, 2011).

O reconhecimento público e acadêmico dos problemas associados com a invasão biológica cresceu exponencialmente desde a década de noventa, e as razões para esse crescimento estão baseadas em três aspectos. Primeiro, que os efeitos negativos de algumas espécies exóticas cresceram amplamente sendo difícil ignorá-los. Assim, o aumento no número de cientistas que estudam e tentam manejar espécies exóticas é um esforço com o objetivo de minimizar os efeitos da invasão biológica tanto nas espécies nativas, quanto na economia humana. Segundo, que o número de espécies que se encontram tanto em seus locais de origem, quanto em novas regiões aumentou. Por isso, não somente os problemas causados pelas espécies exóticas tornaram-se bastante óbvios, como esse número vem crescendo. E em terceiro lugar, que com tantas espécies invasoras, tornou-se difícil fazer uma pesquisa de campo sem encontrá-las. Dessa forma, é muito difícil que um cientista, com um pouco de curiosidade, desperdice a oportunidade de explorar esses novos conhecimentos (LOCKWOOD *et al.*, 2007).

Porém, não somente os cientistas têm se preocupado com as espécies invasoras, tal assunto já ganhou status de políticas de governos. A Convenção da Diversidade Biológica (CDB), um dos resultados da Rio 92, estabeleceu em seu artigo 8º que os países contratantes, na medida do possível, e conforme o caso, devem impedir a introdução e promover o controle ou erradicação de espécies exóticas que ameacem ecossistemas, habitats e espécies (MMA, 2000).

Já a resolução nº. 5/2009 do CONABIO determinou que em relação às Espécies Exóticas Invasoras, os estados e o Distrito Federal deveriam reconhecer os riscos que

atividades sob sua jurisdição ou controle podem ocasionar para outros, caso representem uma fonte potencial de introdução de espécies exóticas invasoras, e deveriam adotar medidas adequadas, de modo isolado ou em colaboração, para reduzir, ao mínimo, esses riscos, incluindo o compartilhamento de toda informação sobre um comportamento invasor ou possibilidade de invasão por uma espécie (MMA, 2012).

Essa resolução ainda determina que com o objetivo de desenvolver uma base adequada de conhecimentos para enfrentar o problema, é importante que os estados conduzam, quando necessário, pesquisas e monitoramento sobre espécies exóticas invasoras. Estes esforços deveriam incluir estudos taxonômicos básicos da biodiversidade. Além desses dados, o monitoramento é a chave para detecção precoce de novas espécies exóticas invasoras. O monitoramento deveria incluir estudos específicos e gerais, bem como se beneficiar da participação de outros setores, incluindo as comunidades locais. Pesquisa sobre uma espécie exótica invasora deveria incluir uma completa identificação da espécie invasora e deveria documentar: a) a história e a ecologia da invasão (origens, rotas e períodos); b) as características biológicas da espécie exótica invasora; e c) os impactos no ecossistema, nas espécies e no nível genético e, também, os impactos sociais e econômicos, e como se modificam ao longo do tempo (MMA, 2012).

O documento final da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, a Rio+20, reconheceu a importância da Convenção da Diversidade Biológica (CDB) como forma de se alcançar o desenvolvimento sustentável e, nesse sentido, apelou a todas as partes que implementassem integralmente os compromissos assumidos no âmbito da mesma. Esse documento destacou a ameaça significativa que as espécies exóticas invasoras representam para os recursos e ecossistemas marinhos, e os países signatários se comprometeram em implementar medidas para impedir a introdução, e diminuir os impactos ambientais adversos causados por essas espécies. (ONU, 2012)

Contudo, a despeito dessa problemática, ainda são poucas as informações detalhadas sobre a caracterização biológica e ecológica das espécies invasoras, a dinâmica de populações, seu controle ou erradicação e recuperação das áreas invadidas em áreas protegidas (KLINK, 1994; MOROSONI; KLINK, 1997; PIVELLO *et al.*, 1999b).

No Distrito Federal, são escassos os estudos sobre as espécies exóticas presentes nas áreas protegidas (MARTINS *et al.*, 2007), assim como em áreas próximas das mesmas. Tais estudos são importantes, pois podem prevenir a entrada e/ou aumento populacional dessas espécies dentro de tais unidades, assim como fornecer informações para o manejo das mesmas.

Horowitz *et al.*, 2007, diagnosticaram as espécies exóticas arbóreas, arbustivas e herbáceas que ocorrem nas zonas de uso intensivo (área das piscinas e centro de visitantes) e de uso especial (área da administração e residências funcionais) do Parque Nacional de Brasília. Já Martins *et al.*, (2007) realizaram o levantamento das gramíneas exóticas do Parque Nacional de Brasília, Distrito Federal, Brasil, dentre as espécies levantadas, esses autores observaram a presença da gramínea *Arundo donax* L.

*Arundo donax* L. (CANA DO REINO) é uma espécie invasora vigorosa, originária da Ásia, que se estabeleceu e espalhou em habitats ripários com clima quente, principalmente em águas doces costeiras da América do Norte, incluindo o sudoeste dos Estados Unidos (BELL, 1997).

Uma vez estabelecida, essa espécie se espalha rapidamente, substituindo a vegetação nativa, destruindo habitats de espécies selvagens, alterando as características físicas e químicas do local invadido, afetando também a conservação da água e o controle dos ciclos de inundação e de fogo (BELL, 1997; FRANDSEN, 1997; DUDLEY, 2000). Nos Estados Unidos foram realizados vários estudos sobre essa espécie invasora, porém no Brasil tais

estudos são escassos e se restringem a levantamentos da presença da mesma em determinados locais, como, por exemplo, o estudo de Martins *et al.*, (2007).

Além da observação da presença dessa espécie no Parque Nacional de Brasília, essa tem se espalhado ao longo do Distrito Federal, ocupando áreas antropizadas.

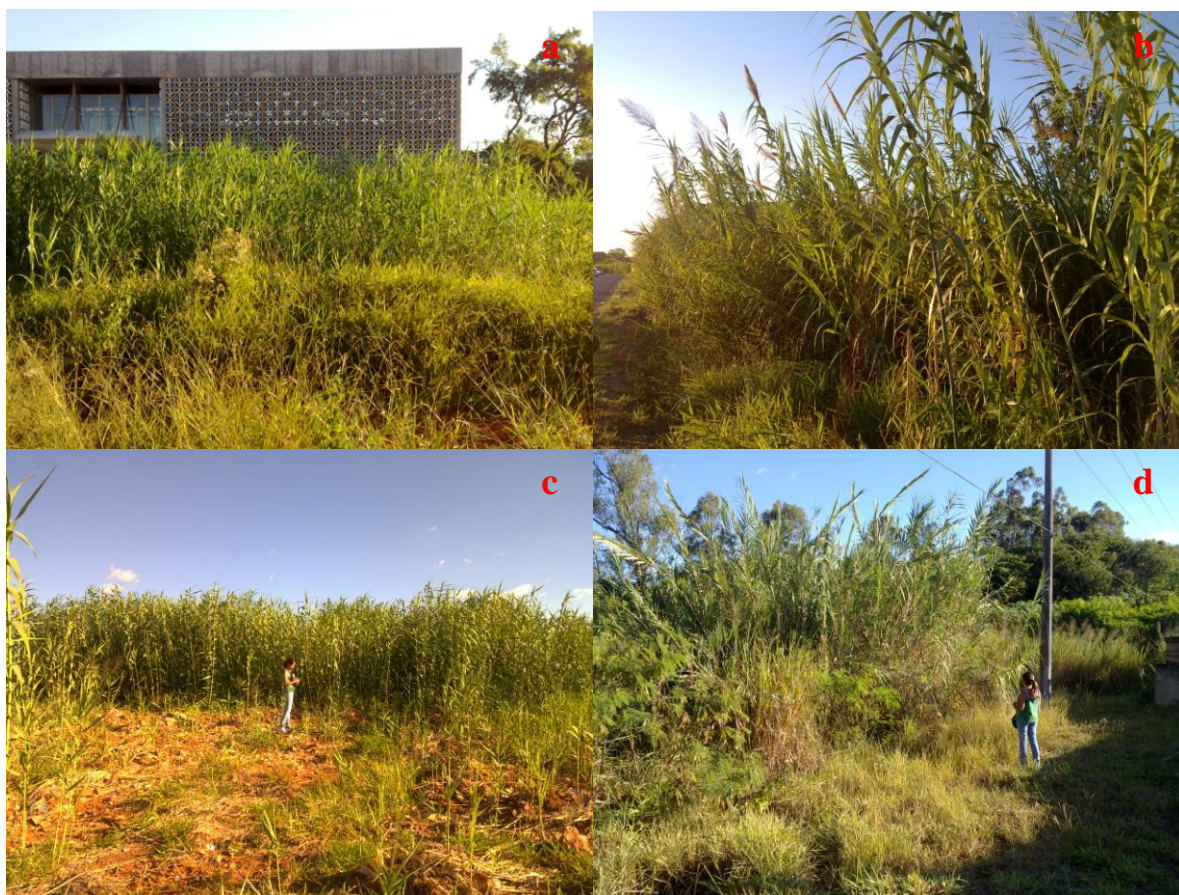
Alguns locais onde sua presença é constante são: no Campus Darcy Ribeiro (UnB), como, por exemplo, próximo aos novos prédios dos Institutos de Biologia e de Química, assim como no Arvoreto; ao longo da avenida L4; próximo ao balão do torto e do Aeroporto; e no Parque Olhos D'água, na área onde ocorrência de nascentes (Figura 1).

É importante ressaltar que apesar de ser uma planta invasora extremamente problemática, caracterizada por extensas infestações e uma série de graves impactos tanto para ecossistemas e quanto para obras de infraestrutura, não ocorreu, mesmo com um aumento significativo de pesquisas e estudos sobre a espécie ao longo dos últimos 10 anos, nenhum esforço em grande escala de mapeamento, assim como nenhuma análise abrangente dos seus impactos (Cal-IPC, 2011). Uma grande contribuição para a difusão do conhecimento científico já produzido sobre essa espécie foi realizada pelo *California Invasive Plant Council* (Cal-IPC), um documento que aborda uma síntese de todas as pesquisas e resultados obtidos na região de Monterey a San Diego – Califórnia – Estados Unidos da América. Porém, no Brasil não existem trabalhos que estudaram essa espécie invasora com relação a sua ecologia e mapeamento de suas áreas de ocorrência.

Ressalta-se que Pivello (2011) já informava que embora, nos últimos anos, a conscientização para o problema das invasões biológicas tenha ocorrido no meio técnico-científico, ainda são escassas as pesquisas que diagnostiquem os efeitos dessas invasões biológicas no cerrado. E não existem estudos ecológicos da espécie *Arundo donax* no Brasil.



Figura 1. Alguns locais de ocorrência de *Arundo donax* L no Distrito Federal. Próximo aos Institutos de Química e Biologia no campus Darcy Ribeiro – Universidade de Brasília/DF (a); Arboreto – campus Darcy Ribeiro – Universidade de Brasília/DF (b); Próximo ao Aeropark – Brasília/DF (c); Próximo a Estação de Tratamento de Esgoto da Asa Sul – Brasília/DF (d). Data das imagens: abril de 2010. Fonte: fotografias (a) e (b) do autor e (c) e (d) de Fabrício Cardoso.



Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar os impactos ambientais da espécie invasora *Arundo donax* L. (CANA-DO-REINO) no Distrito Federal, Brasil. No primeiro capítulo é feita uma descrição da espécie estudada e no segundo capítulo os impactos ambientais e as estratégias de manejo de *Arundo donax* L (CANA-DO-REINO) no Distrito Federal.

## Capítulo 1

### ESPÉCIE ESTUDADA: *Arundo donax* L (CANA-DO-REINO)

*Arundo* (L.) é um gênero de gramíneas perenes (Poaceae) com seis espécies nativas de áreas quentes do velho mundo. O *Arundo donax* (L.) (Figura 2) é o maior membro do gênero e está entre as maiores espécies de gramíneas, crescendo a uma altura de 8 m (BELL, 1997). Sua classificação é a seguinte de acordo com *Integrated Taxonomic Information System* (ITIS)/ *Catalogue of Life* (2012):

Reino Plantae

Filo: Magnoliophyta

Classe: Liliopsida

Ordem: Poales

Família: Poaceae

Gênero: *Arundo*

Espécie: *Arundo donax*

Figura 2. Populações de *Arundo donax* presentes no Campus Darcy Ribeiro – Universidade de Brasília (a) e na região do Jardim Botânico (b), Distrito Federal, Brasil. Data das imagens: maio de 2011. Fonte: fotografias do autor.



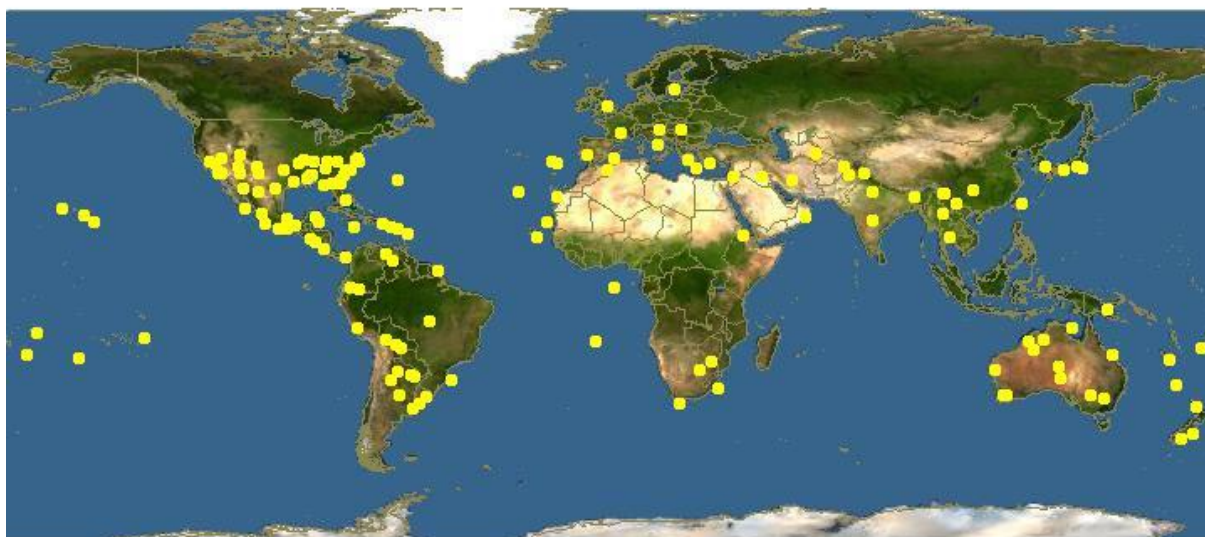
Acredita-se que essa espécie é nativa de regiões de água doce da Ásia Oriental, mas tem sido cultivada por milhares de anos em toda a Ásia, Sul da Europa, norte da África e do Oriente Médio. E desde o século passado tem sido amplamente plantada na América do Norte e do Sul, e na Austrália. Foi intencionalmente introduzida, na década de 1820, na Califórnia (cidade de Los Angeles), a partir populações do Mediterrâneo, como um agente de controle de erosão em canais de drenagem (HICKMAN, 1993; BELL, 1997; BOSSARD *et al.*, 2000).

Já segundo o Cal-IPC (2011), essa espécie foi introduzida em todo o mundo como uma espécie ornamental/cultura, para controle de erosão, para a produção de palhetas (instrumentos musicais), construção, além de produção de papel e celulose (Figura 3). Tornou-se invasora em muitos lugares em todo o mundo, principalmente em zonas ripárias. Onde ele invade, muitas vezes de forma densa, ocorre uma série de impactos nos sistemas ecológicos naturais (bióticos e abióticos), bem como em infraestruturas criadas pelo homem (FRANDSEN; JACKSON, 1993; BELL, 1997; DITOMASO, 1998; HERRERA; DUDLEY, 2003; COFFMAN *et al.*, 2004; COFFNAM, 2007). E, devido aos grandes impactos na



diversidade biológica, atividades humanas, assim como sua importância em questões que envolvem a invasão biológica, o grupo de espécies invasoras da IUCN (União Internacional para Conservação da Natureza) incluiu o *Arundo donax* na lista das cem piores espécies invasoras do mundo (LOWE *et al.*, 2000).

Figura 3. Distribuição de *Arundo donax* no mundo (pontos amarelos). O mapa está desatualizado para algumas localidades (exemplo: Brasil), porém serve de fonte de informação. Fonte: DISCOVER LIFE (2012).



É uma das maiores gramíneas e é muitas vezes confundida com um bambu, alcançando de 2 a 8 m de altura (PERDUE, 1958). No litoral Califórnia estudos mostram que eles podem atingir comprimentos de 8 a 9 m. De acordo com o estudo apresentado pelo Cal-IPC (2011), as hastes principais ou colmos são ocos, com paredes de 2-7 mm de espessura e divididos por nós. Neste estudo, os colmos tiveram em média 23,8 milímetros de largura (medida entre o primeiro e segundo nós).

Os indivíduos com um ano de idade não são ramificados, e no segundo ano podem formar um ou múltiplos ramos laterais a partir dos nós (Figuras 4 e 5) (DECRUYENAERE;

HOLT, 2005). Os ramos secundários tem um diâmetro muito menor do que os principais (valores menores que 10 mm e maiores que 20 mm, respectivamente). Estes ramos secundários podem dar origem a ramos de terceiro grau e até mesmo quarto grau, porém isso é raro (DECRUYENAERE; HOLT 2005; Cal-IPC, 2011). Uma vez que a cana gera ramos secundários, estes se tornam a principal área de crescimento, e o crescimento contínuo da haste principal se torna lento ou até mesmo inexistente (DECRUYENAERE; HOLT, 2005). Nos indivíduos com dois anos ou mais, os ramos secundários têm uma quantidade significativa de folhas (Cal-IPC, 2011).

Figura 4. Ilustração da estrutura do primeiro e segundo ano ou mais da espécie *Arundo donax*.

Desenho de J. Giessow. Fonte: Cal-IPC (2011) – modificado.

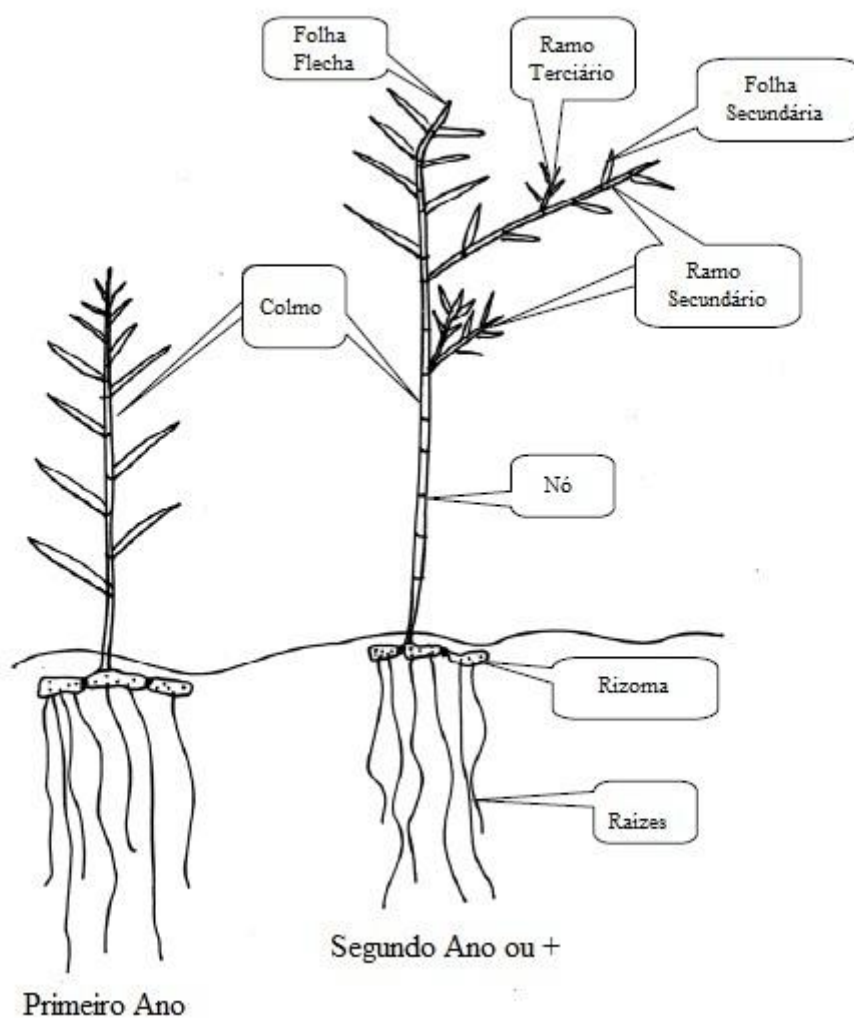
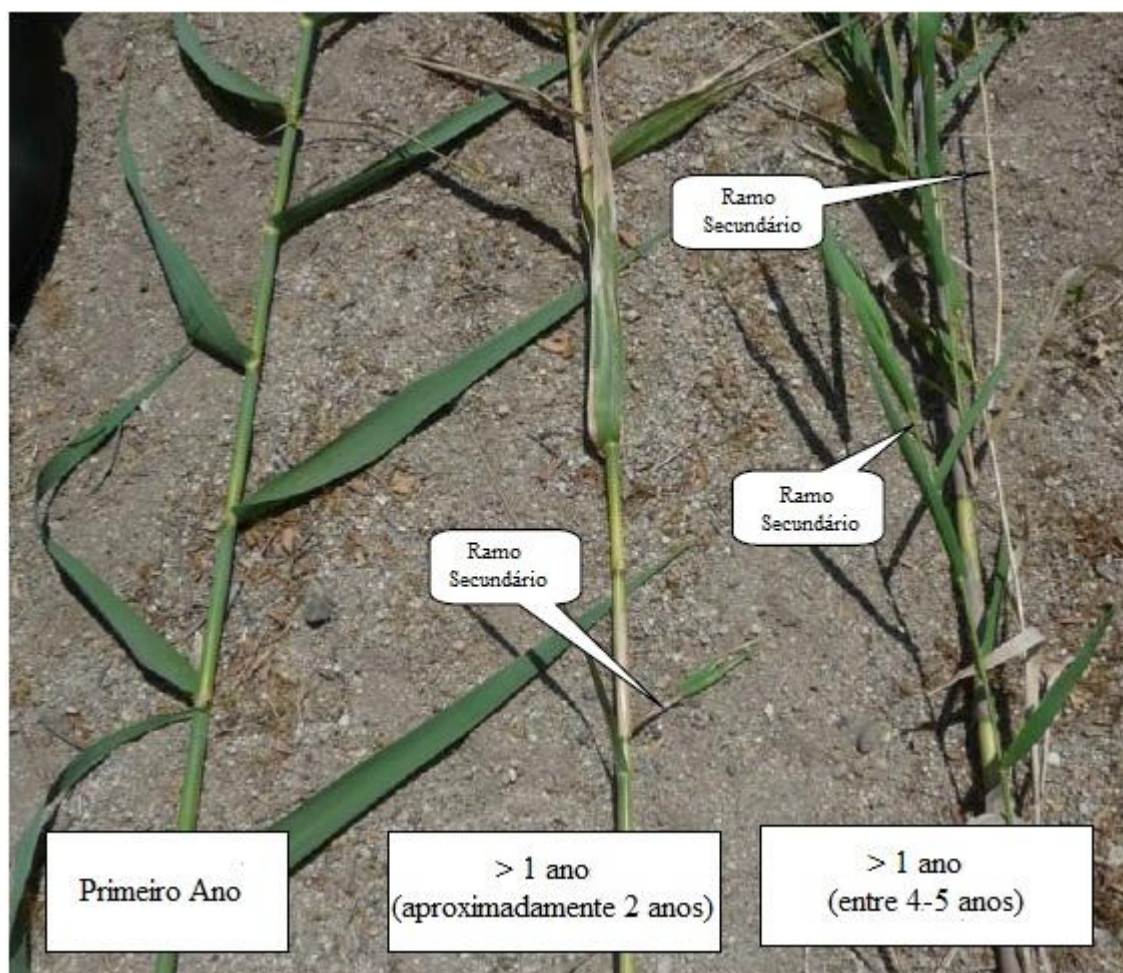


Figura 5. Imagem mostrando folhas e ramificações de indivíduos de *Arundo donax* em diferentes idades. Indivíduos mais velhos tem um número crescente de ramos e folhas secundários. Fonte: Cal-IPC (2011) – modificado.



As folhas se ligam ao colmo principal e aos ramos secundários através de nós. No estudo apresentado pelo Cal-IPC (2011) as folhas encontradas na haste principal tiveram de 5-6 cm (até 8 cm) de largura em direção à base, até 61 centímetros de comprimento e afunilavam para uma ponta fina. Folhas em indivíduos com um ano tiveram uma largura média de 5,0 cm e comprimento de 54,4 cm ( $n = 69$ ). A haste principal de indivíduos mais velhos ( $> 1$  ano) tiveram folhas muito menores, com média de 2,8 cm de largura e 41,5 cm de comprimento ( $n = 60$ ). Como esperado, as folhas de ramos secundários foram as menores em comprimento, média de 27,9 cm e largura de 1,7 cm ( $n = 200$ ).

Segundo os autores desse estudo, essa redução no tamanho da folha em indivíduos mais antigos é compensada pelo maior número de folhas encontradas nos ramos secundários. A densidade foliar da haste principal diminuiu de uma média de 23 em indivíduos com um ano, para 12,6 nos mais velhos, e o tamanho das folhas também diminuiu. No entanto, várias folhas secundárias estão presentes em indivíduos com mais de 1 ano, e a densidade de folhas em ramos secundários foi maior que 270 nesses indivíduos. Indivíduos mais velhos do que um ano tiveram uma área foliar maior do que a de indivíduos com um ano, sendo essa predominantemente composta de área foliar secundária (Cal-IPC, 2011).

Nos indivíduos maduros, as folhas do colmo principal tornam-se menos importantes para a produção fotossintética. Porém, a contribuição da área foliar dos ramos secundários é uma observação importante que não está bem documentada na literatura (Cal-IPC, 2011). Decruyenaere e Holt (2005) observaram a diminuição do crescimento do colmo principal quando esses geram ramos secundários, sendo que esses ramos secundários tornaram-se as principais áreas de crescimento da planta.

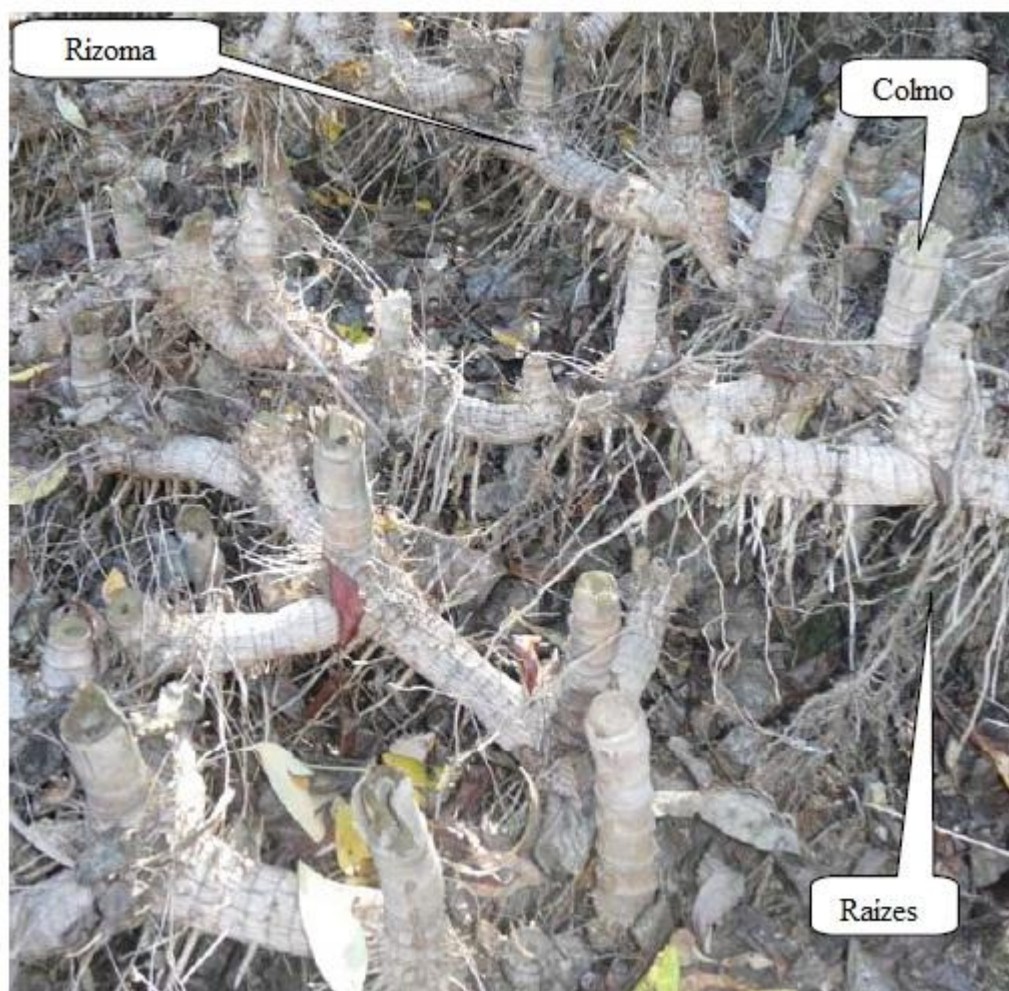
A estrutura subterrânea do *Arundo donax* é composta de rizomas carnosos que surgem a partir de raízes que penetram mais profundamente no solo (Figura 6). Os rizomas estão, geralmente, na camada subsuperficial no solo, espalhando-se horizontalmente a partir da planta e formando um tapete subterrâneo denso. São geralmente encontrados de 5-15 cm abaixo da superfície do solo, com uma profundidade máxima de 50 cm, enquanto que as raízes podem ser encontradas em mais de 100 cm de profundidade (SHARMA *et al.*, 1998; Cal-IPC, 2011).

Em povoamentos adultos, a maioria dos novos rizomas se desenvolvem a partir das gemas apicais do rizoma terminal, resultando uma estrutura relativamente espaçada, verticalmente orientada e com 2 cm ou mais de diâmetro. O crescimento do rizoma estende-se lateralmente ao longo de um eixo e depois se ramifica, ocupando áreas sem a presença dessa



estrutura. A expansão é de 7-26 cm/ano (DECRUYENAERE; HOLT, 2005). Comparações de imagens ao longo de um período de 10 anos para alguns pontos em San Diego/Califórnia – Estados Unidos mostraram expansões de rizomas em populações estabelecidas que variaram de leve (nenhum visível) a moderado (0,5m/ano), no geral a expansão foi surpreendentemente lenta, mas altamente variável (Cal-IPC, 2011).

Figura 6. Imagem mostrando raízes, rizomas e colmos. Fonte: Cal-IPC (2011) – modificado.



É uma espécie hidrofílica, crescendo ao longo dos lagos, córregos, esgotos e outros locais úmidos. Ela utiliza altas quantidades de água, como 2000 l/metro por indivíduo de *Arundo donax*, para abastecer sua incrível taxa de crescimento. Quando as condições são

favoráveis, os colmos dessa espécie podem crescer 0,3-0,7 m por semana durante um período de vários meses. O indivíduo jovem pode rapidamente atingir o diâmetro dos colmos maduros, com crescimento subsequente que envolve o espessamento das paredes (PERDUE, 1958). Rieger e Kreager (1989) registraram o crescimento dessa espécie tanto de sete centímetros em um dia, até oito metros em poucos meses.

As populações de *Arundo donax* estão entre as mais biologicamente produtivas de todas as comunidades. Em condições ideais de crescimento podem produzir de 7,20 – 96,6 t/ha de massa seca acima do solo (PERDUE, 1958). No entanto, adapta-se a muitas condições ambientais e diferentes tipos de solo, e uma vez estabelecida, é tolerante à seca e capaz de crescer bastante nessas condições, podendo produzir cerca de três toneladas por hectare de biomassa acima do solo (CHRISTOU, 2001; LEWANDOWSKI *et al.*, 2003). Também pode tolerar condições salinas (PERDUE, 1958, PECK, 1998), e na Califórnia é encontrado crescendo ao longo de praias e estuários (ELSE, 1996). É uma planta C<sub>3</sub>, mas mostra o potencial fotossintético insaturados de plantas C<sub>4</sub>, e é capaz de elevadas taxas fotossintéticas (ROSSA *et al.*, 1998; PAPAZOGLU *et al.*, 2005).

Ele responde fortemente ao excesso de nitrogênio oriundo de fontes antropogênicas e fogo (AMBROSE; RUNDEL, 2007). A maioria dos estudos sobre o crescimento e transpiração indicam que a disponibilidade de água é o principal fator que afeta as taxas metabólicas e a produtividade dessa espécie (PERDUE, 1958; ABICHANDANI, 2007; WATTS, 2009). E, geralmente, ele tem uma estatura mais baixa e é menos produtivo quando a disponibilidade de água é limitada, por exemplo, em terraços mais elevados nas zonas ripárias ou partes mais secas da bacia (Cal-IPC, 2011).

Segundo Cal-IPC (2011), considerando os estudos realizados na Califórnia, três fatores gerais parecem afetar as taxas de crescimento de colmos e rizomas de *Arundo donax*: 1) a disponibilidade de água; 2) a disponibilidade de nutrientes; e 3) regimes de temperatura

(afetada pela sombra). Esse órgão informa que a disponibilidade de água parece ser o principal fator restringir o crescimento de Arundo localizado nessa região. Essa constatação foi baseada em observações de campo em toda a área de estudo e em revisão de estudos sobre transpiração e nutrição. Geralmente, bacias hidrográficas no litoral da Califórnia têm faixas de temperatura favoráveis e não são limitadas de nutrientes. São áreas com água disponível durante todo o ano, ocasionando colmos de Arundo densos e altos. Áreas com baixa disponibilidade de água, tais como terraços superiores, que estão longe de o lençol freático, têm, frequentemente, Arundo em menor densidade e altura, e grandes quantidades de material morto no solo (um indicador de estresse) (Cal-IPC, 2011).

Condições ideais de crescimento seriam áreas ribeirinhas de baixo gradiente com solos bem drenados (PERDUE, 1958), níveis elevados de nutrientes na água (como em locais de descargas de águas residuais agrícolas, industriais e residenciais), salinidade baixa (GROSSINGER *et al.*, 1998), sol em abundância, e temperaturas elevadas. Uma vez estabelecido, ele se espalha com uma rápida taxa, excluindo a maioria das outras espécies. As espécies de plantas mais capazes de competir com o Arundo são aquelas que se reproduzem via rizomas e sementes (ELSE, 1996).

Segundo Cal-IPC (2011), *Arundo donax* tem quantidades muito elevadas de biomassa por unidade de área de terra. O estudo desse órgão encontrou uma biomassa ajustada de 15,5 kg/m<sup>2</sup> para essa espécie, resultado semelhante ao estudo mais abrangente de SPENCER (2006) que também avaliou a biomassa dessa espécie. A grande quantidade de biomassa está relacionada com a alta produtividade da planta, a densidade elevada de indivíduos, e da taxa de crescimento e altura da planta (média 6,5 m na Califórnia do Sul). Além da grande quantidade de biomassa por unidade de área de terra, essa espécie tem uma grande quantidade de energia por unidade de peso seco (17 MJ/kg para 19,8 MJ/kg). Estes valores o comparam

favoravelmente com as culturas de outros biocombustíveis, sendo a cultura do Arundo uma das mais altas (Cal-IPC, 2011).

As estimativas da biomassa subterrânea foram menos estudadas, mas parecem estar na gama de 22,5% da biomassa da parte aérea total da planta (SHARMA *et al.*, 1998). Aplicando esta proporção de biomassa acima e abaixo do solo geram-se estimativas globais de 20,0 kg/m<sup>2</sup> ou 89 t/acre. Estes são os níveis de biomassa na extremidade superior de qualquer classe de vegetação, e estão bem acima de valores típicos de vegetação ciliar da Califórnia (Cal-IPC, 2011).

As plantas geralmente diminuem sua atividade metabólica durante os meses mais frios, mostrando nas folhas cores marrom e amarelo, e nas hastes um desbotamento de sua cor verde. Essas folhas e caules ficam novamente verdes na primavera quando as temperaturas sobem e a luz do dia aumenta. Em áreas com congelamentos rígidos durante os meses de inverno, a parte aérea dessa espécie geralmente morre e então rebrota na primavera. Congelamentos profundos podem matar a planta, provavelmente por destruir os rizomas (Cal-IPC, 2011).

Essa espécie pode, então, tolerar uma grande variedade de condições ecológicas (PERDUE, 1958), principalmente devido a seus rizomas e raízes que penetram profundamente. Plantas individuais podem sobreviver a períodos de seca ou de excesso de umidade (GUTHRIE, 2007). É essencialmente uma espécie de água doce, mas pode tolerar salinidade excessiva (PERDUE, 1958; GROSSINGER *et al.*, 1998). Ele sobrevive e prospera em todos os tipos de solos, desde argilas pesadas, até areias soltas e cascalho (PERDUE, 1958). Sobrevive também a temperaturas baixas quando adormecido (durante o inverno), mas é vulnerável a danos por geadas após o início do crescimento na primavera (DECRUYENAERE; HOLT, 2001). Não parece tolerar altitude ou o interior de ambientes onde ocorre o congelamento contínuo (TEAM ARUNDO DEL NORTE, 1999a). É

geralmente associada a rios que tenham sido fisicamente perturbados ou represados, mas pode invadir locais com a presença de espécies nativas, mesmo em sombra total (BELL, 1997). É uma das poucas espécies que invade tanto locais perturbados, com não perturbados (REJMÁNEK, 1989), não precisando de algum tipo de intervenção humana para se estabelecer. No entanto, a perturbação tem desempenhado um papel importante na invasão e no estabelecimento bem sucedido dessa espécie (BELL, 1997), uma vez que a alteração antrópica de determinado ecossistemas (tais como a adição de fertilizantes, ou solo removido de algum local) fornece condições mais adequadas para o seu crescimento (GUTHRIE, 2007). Inundações e modificações antrópicas de ambientes ciliares tem ajudado essa espécie a se espalhar ao longo dos cursos de rios (COFFMAN *et al.*, 2004). A presença de carga de nutrientes nos rios é um fator importante que contribuiu para invasão de *Arundo* na Califórnia (DI CASTRI, 1991).

Embora *Arundo donax* possua uma inflorescência grande (30-60 cm de comprimento) do tipo panícula plumosa (Figura 7), as plantas na América do Norte não produzem sementes viáveis (BELL, 1997; BOSSARD *et al.*, 2000; JOHNSON *et al.*, 2006). Essa espécie se espalha rapidamente a jusante dos cursos d'água quando suas estruturas vegetativas (por exemplo, nós e rizomas) alcançam terra nua, substratos úmidos, e começam a crescer (BELL, 1997; BOOSE; HOLT, 1999).

Figura 7. Inflorescências de *Arundo donax* localizados no Distrito Federal, Brasil. Data das imagens: abril de 2010. Fonte: fotografias do autor.



As inflorescências geralmente ocorrem entre os meses de março e setembro (Cal-IPC, 2011). No entanto, muitas plantas nem sempre florescem, ou pelo menos não em todos os anos (ELSE, 1996). São várias as espiguetas na inflorescência, essas possuem cerca de 12 mm de comprimento e com floretes se tornando sucessivamente menores (Cal-IPC, 2011). Não existem estudos sobre a fenologia dessa planta aqui no Brasil, durante essa pesquisa de mestrado realizada no Distrito Federal, observou plantas com inflorescências ao longo de todo ano.

Essa espécie não produz sementes viáveis na maioria das áreas onde foi introduzida (PERDUE, 1958), e a reprodução ocorre quase inteiramente por rizomas e fragmentos do colmo (BOOSE; HOLT, 1999). Os fragmentos são geralmente levados pelas enchentes para novos habitats onde brotam novos colmos (ELSE, 1996).

É importante dizer que existem poucas informações sobre o sistema reprodutivo de *Arundo donax* em sua escala nativa. E a reprodução sexual, bem como vegetativa têm sido

relatadas para indivíduos nativos do Médio Oriente (PERDUE, 1958). Porém, essa espécie é normalmente representada por genótipos que se reproduzem assexuadamente nos locais onde são introduzidos (BOOSE; HOLT, 1999; DUDLEY, 2000; MARIANI *et al.*, 2010).

Estudos moleculares usando Isoenzimas e RAPD em populações de *Arundo donax* presentes no Rio Santa Ana, na Califórnia, indicaram uma diversidade genética comparável com os da literatura para espécies clonais, indicando a reprodução assexuada como o principal meio de propagação dessa espécie (KHUDAMRONGSAWAT *et al.*, 2004). Nesse estudo, também foram coletadas amostras também de uma população de fora da bacia estudada (Aliso Creek, Condado de Orange). Vários fenótipos foram dominantes e foram encontrados espalhados ao longo do rio Santa Ana. Estes fenótipos dominantes foram também encontrados na população de Aliso Creek, possivelmente por essa planta ter se espalhado por seres humanos. Os níveis moderados de diversidade genética em *Arundo* devem ser explicados por várias introduções ao longo do tempo, com as introduções iniciais como material de construção, e uso mais recente para controle de erosão e como ornamental (BELL, 1997; FRANDSEN, 1997). O nível moderado de diversidade genética e o modo de reprodução assexuada aumenta o potencial de aplicação de agentes biológicos para o controle dessa espécie (TRACY; DELOACH, 1999).

Ressalta-se que, conforme já mencionado, segundo alguns autores *Arundo donax* é nativo do Leste da Ásia (POLUNIN; HUXLEY, 1987), e distribui-se ao longo de todo o ambiente do Mediterrâneo, onde normalmente não produz sementes devido a gametófitos mal formados (BOOSE; HOLT, 1999; MARIANI *et al.*, 2010). Acredita-se que se espalhou assexuadamente principalmente pela dispersão de colmos e pedaços de rizoma através da inundação. Nesta situação, a variabilidade natural das populações de clones existentes, tal como é conhecida, pode ocorrer devido a mutações espontâneas, seguidas de seleção natural,

como uma resposta a pressões climáticas e ao ambiente diferente, ou através da transferência de parte de material genético da planta (CONSETINO *et al.*, 2005).



## Capítulo 2

### **Impactos ambientais e estratégias de manejo de *Arundo donax* L (CANA-DO-REINO) no Distrito Federal.**

#### **2.1. O problema da espécie no Distrito Federal**

Simões (2013) combinando trabalhos de campo, utilizando o sistema de posicionamento global (GPS), e de laboratório, utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto e do Sistema de Informação Geográfica (SIG), mapeou as populações de *Arundo donax* no Distrito Federal.

Com relação aos mapas de distribuição da espécie *Arundo donax*, no Distrito Federal, apresentada por essa autora, tem-se as seguintes considerações:

1. A maior concentração da espécie está localizada na região central do Distrito Federal, distribuída nas áreas da Universidade de Brasília, nos bairros do Lago Norte e Sul, ao longo das rodovias L4, LE, EPIA, EPTG e Estrutural, no Setor Policial Sul, e nas mediações do Aeroporto Internacional de Brasília;
2. A presença dessa espécie está relacionada a áreas antropizadas, tais como: rodovias, aterros, depósitos de entulhos e locais em obras. Uma hipótese para isso é que como essa espécie se reproduz vegetativamente ao serem utilizadas máquinas em locais com a presença das mesmas, essas máquinas podem estar levando material vegetativo e propagando a espécie em diferentes locais. Além disso, ela também estaria sendo levada junto com materiais que são indiscriminadamente descartados no Distrito Federal, seja solo retirado de construções, assim como os próprios resíduos da construção civil e lixo urbano (Figura 8).

3. Outra forma de disseminação da planta é a roçagem mecânica das mesmas, o que tem sido feito constantemente pelo Governo do Distrito Federal (GDF). Ao se roçar áreas com a presença dessa planta o que ocorre é um aumento no número de indivíduos no local, pois os colmos cortados e os rizomas irão originar novas plantas (Figura 9).
4. Foram observados 16 pontos de ocorrência dessa espécie em locais com presença de água, o que é problemático devido a sua alta taxa de crescimento nesses ambientes.

Figura 8. Imagem da área do Pró-DF no Gama, Distrito Federal, mostrando a deposição de solo retirado de algum lugar e vários indivíduos de *Arundo donax* nele. Data das imagens maio 2012. Figura 7. Inflorescências de *Arundo donax* localizados no Distrito Federal, Brasil. Data das imagens: abril de 2010. Fonte: fotografias do autor.





Figura 9. Imagem de uma população de *Arundo donax* posteriormente a uma roçagem mecânica em uma área localizada ao lado do Aeroporto de Brasília, Distrito Federal. (a) e (b) mostram a emergência de novos indivíduos através dos rizomas localizados no solo (Data das imagens: abril de 2012); (c) e (d) mostram novos indivíduos advindos da biomassa e rizomas expostos deixados no local após a roçagem (Data das imagens: maio de 2012). Fonte: fotografias do autor.



Figura 10. Mapa de distribuição da espécie invasora *Arundo donax*, no Distrito Federal, Brasil. Fonte: Simões (2013).

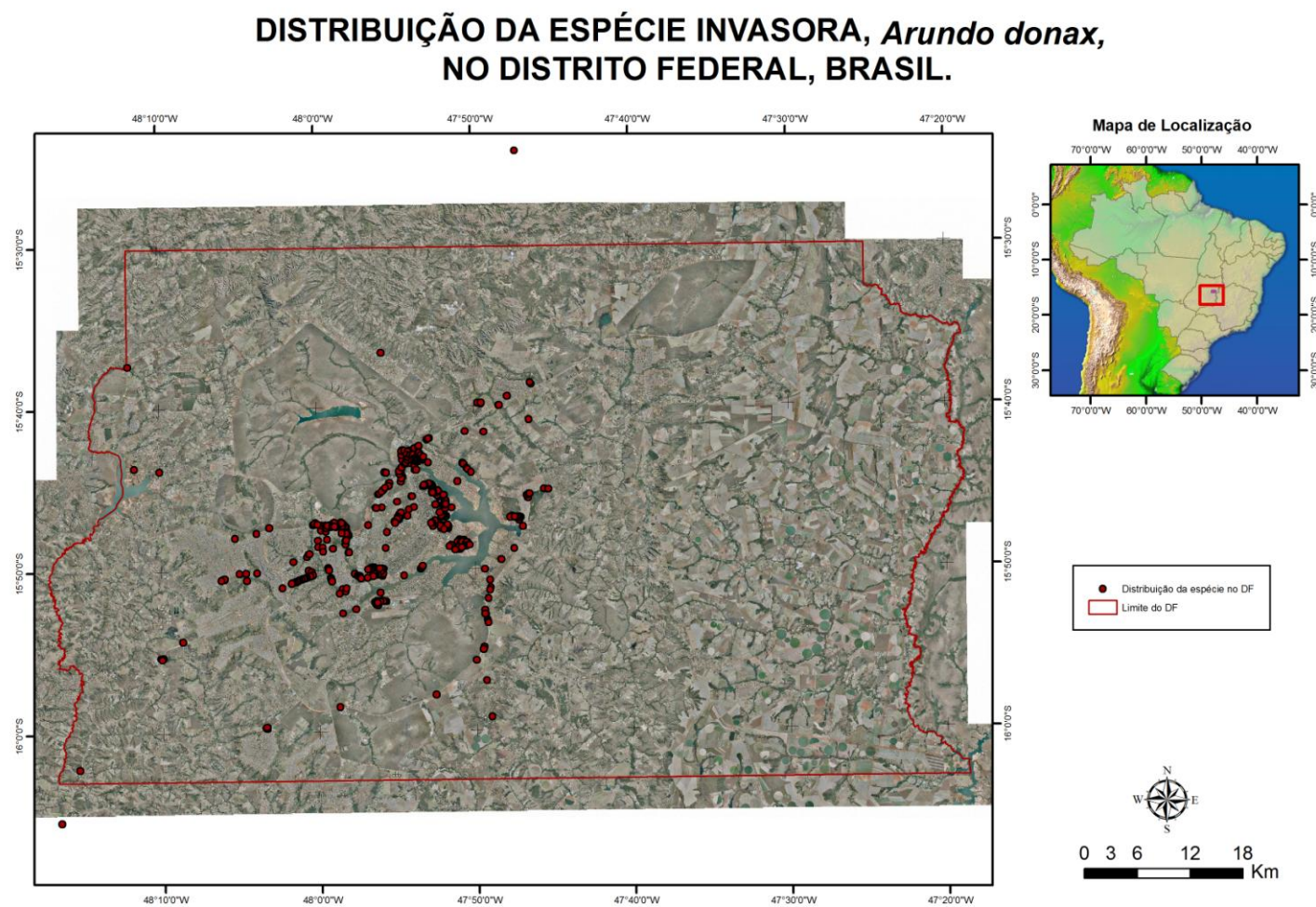
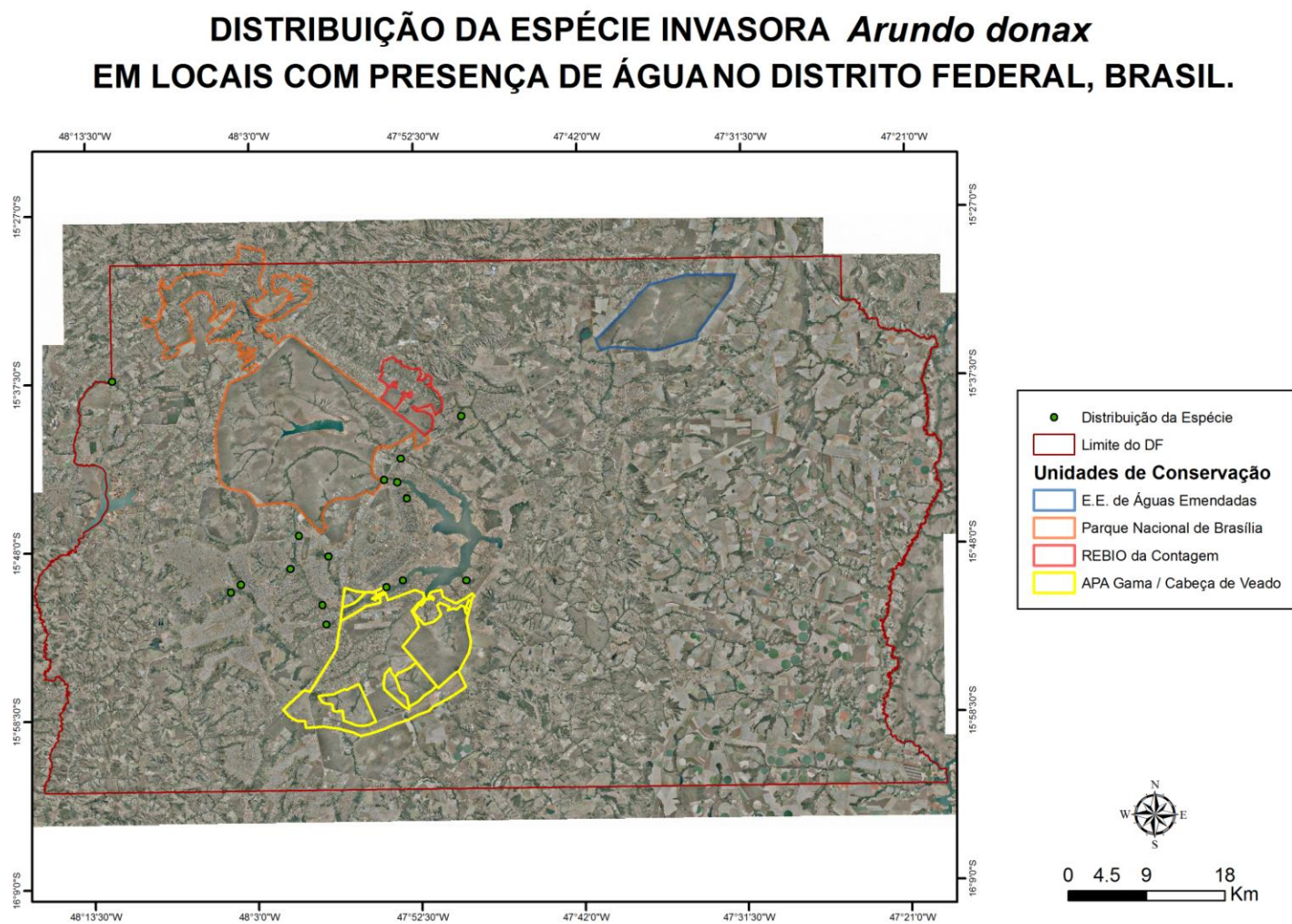




Figura 11. Distribuição da espécie invasora *Arundo donax* em locais com presença de água no Distrito Federal, Brasil. Fonte: Simões (2013).



## 2.2. Impactos ambientais.

Não existem ainda trabalhos que avaliem e quantifiquem os impactos ambientais dessa espécie invasora nos ecossistemas do Brasil. Por isso, serão relatados os impactos já descritos em outros locais do mundo, mas com grandes possibilidades de ocorrerem em áreas brasileiras.

Uma vez estabelecido, *Arundo donax* tende a formar grandes e contínuas massas de raízes clonais, muitas vezes abrangendo vários hectares, e, geralmente, em detrimento da vegetação da mata ciliar nativa que não pode competir. É também altamente inflamável e parece bastante adaptado a eventos extremos de fogo. Além disso, ele não fornece alimento, nem habitat para espécies nativas e contém uma grande variedade de compostos químicos nocivos, que o protege de danos por insetos (BELL, 1997). E, devido a sua forma de crescimento, essa espécie restringe a passagem física dos animais selvagens, ressaltando que esses animais dependem do corredor de mata ciliar e várzea para forrageamento e nidificação (COFFMAN, 2007). A densidade de *Arundo donax* é significativamente mais elevada do que a de vegetação nativa (AMBROSE; RUNDELL, 2007; Cal-IPC, 2011), e isto tem vários efeitos, tais como a restrição do movimento da vida selvagem e o impedimento do fluxo de água.

Infestações de *Arundo donax* criaram sérios problemas físicos e biológicos ao longo dos rios no sul da Califórnia. Quando cresce bastante ao longo de várzeas, ele age como uma espécie transformadora de ambientes, provocando uma barreira física ao fluxo natural da água, aumentando assim o risco de inundação de terras adjacentes. Durante as grandes inundações ele aumenta a rugosidade do córrego, cria barragem de detritos na travessia de pontes, e é a causa de erosões e instabilidade (DITOMASO, 1998). Como a biomassa da parte aérea seca nos meses quentes e secos do verão, característica dos climas do mediterrâneo, *Arundo donax* cria um maior risco de incêndio em locais onde a alta umidade dos corredores ripários forma barreiras naturais contra o fogo (COFFMAN, 2007). Por isso é problemática a

sua presença nesses dezesseis pontos ao longo de cursos d'água do Distrito Federal, sendo recomendadas ações de manejo da espécie, retirando-a dos locais e fazendo a recomposição da vegetação com espécies nativas.

A invasão por *Arundo donax* altera a estrutura da vegetação de zonas ribeirinhas (HERRERA; DUDLEY, 2003). Ele é competitivo, formando bancadas extensas ou monoculturas (Figura 12), e fisicamente inibe espécies de plantas nativas de se estabelecer (BELL, 1997). Gaffney e Gledhill (2003) relatam uma redução na estrutura vegetativa em comunidades dominadas por essa espécie. Ele pode ocupar canais de rios inteiros, borda por borda (FRANDSEN; JACKSON, 1993). Sua biomassa cria obstáculos durante eventos de tempestade, e pode levar a inundação de terras adjacentes, erosão das margens do córrego, e mudar os padrões de fluxo naturais (COFFMAN *et al.*, 2004). Grandes aglomerações de *Arundo donax* podem soltar-se das bordas do rio, e serem depositadas no meio do canal, formando ilhas. Muitas vezes é muito mais alto do que as espécies de plantas com que coocorre, e tem uma maior biomassa acima e abaixo do solo. Não fornece nenhuma sombra significativa sobre a água (IVERSON, 1993), e áreas dominadas por essa espécie tendem a ter águas com temperaturas mais altas, com menores concentrações de oxigênio e com menor diversidade de animais aquáticos. Essa falta de sombreamento pode aumentar o crescimento de algas e de pH, causando a degradação da água devido a produção de amônia (CHADWICK; ASSOCIATES, 1992). Além de afetar a qualidade da água, *Arundo donax* também afeta a quantidade de água. Iverson (1993) e Zimmerman (1999) concluíram que essa espécie usa e transpira três vezes mais água do que plantas nativas nos EUA. Todos os anos, as populações de *Arundo donax* presentes ao longo da bacia do rio Santa Ana, na Califórnia, evaporam aproximadamente 7,6 milhões de quilolitros de água (JACKSON, 1993).

Figura 12. Imagem mostrando o contínuo de *Arundo donax* nas margens do Rio Grande Valley (vegetação mais clara nas margens), localizado no Novo México, Estados Unidos.

Fonte: Centro de Pesquisas de Espécies Invasoras – Universidade da Califórnia (2012).



A perda de água devido aos elevados índices de evapotranspiração (ET) dessa espécie reduz os recursos hídricos já escassos em regiões de clima mediterrâneo, e ela usa três vezes mais água do que espécies nativas das matas ciliares. Estudos usando uma variedade de métodos indicam que a ET de *Arundo donax* (1,2-7,5 m/ano) pode ser muito maior do que a da vegetação ciliar nativa, como *Salix* spp., *Populus* spp. (1,0-3,3 m/ano) e de comunidades ripárias das regiões de clima árido do mediterrânico (0,11-1,6 m/ano) (HENDRICKSON; MCGAUGH; 2005, SHAFROTH *et al.*, 2005; COFFMAN, 2007). Infestações de *Arundo donax* podem evapotranspirar de 6-110 vezes mais do que a vegetação nativa (até 18,206 kg m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup>) (COFFMAN, 2007).

Ecologicamente, a presença e a propagação de *Arundo donax* altera a composição da comunidade. Ele tem o potencial de reduzir a diversidade da fauna e flora ribeirinhas, em parte devido à sua grande biomassa e altura, além da sua alta taxa de crescimento (MILTON, 2004). Essa espécie rapidamente coloniza áreas perturbadas, como aquelas deixadas nuas após



inundações ou incêndios, e domina margens de rios e estuários (DUDLEY; COLLINS, 1995). Ele compete e substitui espécies de plantas nativas, reduzindo o valor de habitats ripários e recursos para a fauna local (BELL, 1997). Gaffney e Gledhill (2003) observaram, com a presença de *Arundo donax*, uma redução da diversidade de espécies de plantas nativas, assim como a maior abundância de outras plantas exóticas.

Áreas dominadas por *Arundo donax* tendem a ter uma menor diversidade de animais aquáticos (CHADWICK *et al.*, 1992). Herrera e Dudley (2003) encontraram uma menor diversidade de invertebrados dentro dos povoamentos dessa espécie quando comparado com a vegetação nativa. Em uma área do Vale de Simi (EUA), ele reduziu o habitat disponível da esgana-gata de três espinhos (*Gasterosteus aculeatus*), uma espécie de peixe em extinção (FRANDSEN; JACKSON, 1993). Grandes e médios mamíferos não conseguem penetrar em áreas densamente infestadas. Manchas menores ou menos densas são usadas ocasionalmente por pássaros, cobras e roedores, para abrigo e nidificação (COFFMAN *et al.* 2004). Caules e folhas de *Arundo donax* contêm uma grande variedade de produtos químicos nocivos (MACKENZIE, 2004), tornando-o inadequado e intragável para maioria dos insetos e outras espécies de animais (MILES *et al.*, 1993).

Em sistemas ribeirinhos, ele altera os processos, funções e serviços ecológicos, grande parte devido às mudanças na estrutura do ecossistema. Altera também o fluxo de hidrologia e sedimentologia (MILTON, 2004), aumentando o risco de enchentes (COFFMAN *et al.*, 2004).

Parece usar mais nutrientes do solo (especialmente nitrogênio) do que as espécies nativas (COFFMAN *et al.*, 2004). A sua decomposição, em ambientes ripários, possui taxas semelhantes as das espécies nativas, mas ele muda a estrutura do solo, tornando-o inadequado para organismos decompositores (HERRERA; DUDLEY, 2003).

*Arundo donax* é altamente adaptado ao fogo e é inflamável durante a maior parte do ano (BELL, 1997). Ele produz grandes quantidades de biomassa, que aumentam a disponibilidade de combustível para incêndios não sazonais e de intensidade mais elevada. Aumenta a frequência de fogo, as taxas de propagação e intensidade em zonas ripárias da Califórnia (COFFMAN *et al.*, 2004). A propagação de *Arundo donax* em ecossistemas ribeirinhos também é acelerada pelo fogo: o fogo impacta a vegetação nativa e outras que podem ocorrer na região, os rizomas restantes de *Arundo donax* são bem adaptados ao fogo e facilmente rebrotam sem qualquer competição por recursos (Figura 13). Ele altera mudou alguns processos do ecossistema que são regulados pelo ciclo natural de fogo (RIEGER; KREAGER, 1989). No caso de sua presença no Distrito Federal, ele pode intensificar o regime de fogo já presente nesse bioma, causando danos à flora e a fauna.

Figura 13. *Arundo donax* rebrotando após a passagem do fogo na Colina – Universidade de Brasília – Distrito Federal, Brasil. Data das imagens: setembro de 2011. Fonte: fotografia do autor.



Ressalta-se que a invasão de espécies de gramíneas anuais tem sido associada à alteração dos regimes de fogo em pastagens, desertos e áreas de vegetação nativa da Califórnia e da parte ocidental dos Estados Unidos (BROOKS, 2002; BROOKS *et al.*, 2004; D'ANTONIO; VITOUSEK, 1992; D'ANTONIO, 2000; KEELEY, 2004; KEELEY; FOTHERINGHAM, 2005). No entanto, *Arundo donax* pode ser um problema ainda maior em ecossistemas ripários no sul da Califórnia, alterando os regimes de fogo por causa de sua forma de crescimento perene (o grande volume de biomassa produzida) e rápida recuperação após o fogo (COFFMAN, 2007). Vários estudos sugerem que a infestação dessa espécie aumentou a carga de combustível, bem como a frequência e intensidade de fogo ao longo da zona ripária (BELL, 1993; DUKES; MOONEY, 2004; RIEGER; KREAGER, 1989; SCOTT, 1994). Assim, a invasão por *Arundo donax* parece ter criado um ciclo de *feedback* positivo ou um regime planta invasora-fogo (COFFMAN, 2007) semelhantes aos apresentados por outras espécies (D'ANTONIO; VITOUSEK, 1992; BROOKS *et al.*, 2004).

*Arundo donax* cresce e se adensa o suficiente de forma a reduzir a capacidade de carga de pequenos cursos de água por constrição e estreitamento do canal do curso d'água (ROBBINS *et al.*, 1951). Vastas quantidades de biomassa dessa espécie acumulam-se locais para o controle de inundações e estruturas de transporte (Figura 14), tais como pontes e bueiros (FRANDSEN; JACKSON, 1993). Estratégias de remoção com alto custo são necessárias após grandes tempestades para limpar os canais bloqueados por essa planta (DOUCE, 1993).



Figura 14. Imagem mostrando a biomassa de *Arundo donax* empilhada contra a Ponte River Road no rio Santa Ana, após a inundação (a), resultando em um impacto na estrutura da ponte que está sendo empurrada para fora de sua fundação (b). Fonte: Cal-IPC (2011).



Estudos indicam que a qualidade do ar da Costa Oeste dos EUA pode ter sido prejudicada pela introdução de *Arundo donax*, que emite altos níveis de isopreno (EVANS *et al.*, 1982; HEWITT *et al.*, 1990). A inflamabilidade dessa espécie apresenta riscos de segurança e causa problemas econômicos, como a necessidade de programas de evacuação, compra de equipamentos de combate a incêndios, e danos potenciais para habitação e infraestrutura (GUTHRIE, 2007).

Assim, a forte influência de *Arundo donax* sobre as propriedades do ecossistema tem duas consequências principais: 1) modificação do habitat, impactando a flora e fauna nativas; e 2) modificação do habitat de forma a beneficiar o seu próprio crescimento e expansão. A modificação de fluxos de transporte de água e sedimentos, assim como da geomorfologia afeta fortemente os padrões sucessionais da vegetação, e a proliferação dessa espécie indica que ela se beneficia com essas alterações. O aumento significativo de eventos de fogo e intensidade desses também favorece essa espécie, que é mais produtiva do que a vegetação nativa após esse fenômeno (AMBROSE; RUNDEL, 2007).

### **2.3. Propostas de manejo.**

Não existem no Brasil estudos sobre o manejo dessa planta, dessa forma as propostas aqui apresentadas são baseadas em estudos realizados em outros locais do mundo.

Segundo Bossard *et al.*, 2000, as infestações menores podem ser erradicadas por métodos manuais, a remoção manual é efetiva quando as plantas possuem menos de 2 m de altura e quando todo material de propagação vegetativa é removido. Para grandes infestações, métodos mecânicos podem facilitar a redução de biomassa, e devem ser seguidos da remoção de material de propagação vegetativa e tratamento químico. Com relação ao controle biológico, apesar de algumas espécies (*Schizaphiz graminum*, *Phothedes dulcis*, *Zyginidia*

*guyumi* e *Tetramesa romana*) na Eurásia e África se alimentarem de *Arundo donax*, nenhuma foi aprovada para esse tipo de controle pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos.

O controle químico é o método mais utilizado para controlar *Arundo donax*. Herbicidas que possuem glifosato como o Rodeo (Dow Agrosiences) e Roundup (Monsanto) são de fácil acesso e baixo custo. Eles proporcionam um controle eficaz da vegetação, degradam-se rapidamente no solo e tem baixa toxicidade em mamíferos (GIESY *et al.*, 2000; WILLIAMS *et al.*, 2000). A aplicação do herbicida tem mais sucesso quando feita durante, ou logo após, a floração dessa espécie (BELL, 1997). Aplicações posteriores, por até cinco anos, são geralmente necessárias para a erradicação (GUTHRIE, 2007). Os três principais métodos de aplicação de herbicidas são: pulverização foliar (pulverização do herbicida em folhas e caules sem corte), corte-e-spray (pulverização ou pintura do herbicida diretamente na superfície da haste cortada), e corte-rebrota-spray (corte das hastes permitindo rebrota, e pulverização com o herbicida nessas). Os riscos ecológicos do uso de glifosato são pequenos, especialmente quando comparados com os danos por ervas daninhas e plantas invasoras (MONHEIT, 2003). O controle químico já foi testado no Brasil para outras espécies de gramíneas, como, por exemplo, o trabalho de MARTINS (2006) com *Melinis minutiflora* P. Beauv. (Capim-Gordura) que obteve bons resultados no controle com um baixo impacto sobre o meio ambiente.

Considerando que os fragmentos de rizoma deixados no solo rebrotam, o controle mecânico é eficaz somente se toda a massa do rizoma for removida, o que é quase impossível (BOOSE; HOLT, 1999; BROMILOW, 2001). Os três tipos principais de controle mecânico são a remoção física (utilizando ferramentas manuais ou equipamentos pesados), solarização do solo (que cobre hastes cortadas com lonas de plástico), e a queima prescrita ou pastagem. A solarização (KATAN *et al.*, 1987), também referido como *tarping*, envolve a colocação de uma tampa ou uma lona (folhas de plástico normalmente transparente ou preta) sobre a

superfície do solo. Em teoria, o plástico provoca um aumento na temperatura do solo, matando as plantas, sementes, agentes patogênicos e insetos abaixo da lona (TU *et al.*, 2001). A escuridão abaixo do plástico preto ainda impede a fotossíntese (ELMORE, 1990). É uma técnica cara quando utilizada em grandes extensões de *Arundo donax*, e pode levar à erosão do solo após a remoção da lona.

A queima prescrita não é a mais bem sucedida das técnicas de controle físico, uma vez que os rizomas germinam logo após a queima, e pode até promover rebrota de *Arundo donax* (EUA, 1993). A pastagem envolve treinamento de cabras ou gado para pastar apenas em *Arundo donax*. Essa espécie não é palatável para o gado (WYND *et al.*, 1948), mas as cabras das raças Angora e espanhola são potenciais controles (DAAR, 1983).

O controle mecânico geralmente resulta em alguma perturbação do solo, bem como pilhas indesejadas de biomassa. A biomassa é cara para remover e descartar, e deixando-a no local pode representar riscos de incêndio ou inundação, além de impedir a revegetação por espécies nativas, podendo ser quebrada ou cortada. Picadores de alta potência funcionam bem, mesmo em hastes verdes. O material é finamente cortado e apenas uma pequena quantidade de rebrota ocorre a partir de peças de maiores dimensões. A roçada é realizada utilizando um acessório de corte sobre um trator. É geralmente mais adequada para áreas mais densas, mas talhões velhos podem ser difíceis de manobrar. Sua limitação é relacionada a questões de terreno e ruído (GUTHRIE, 2007).

Tracy e Deloach (1999) listaram 48 espécies como potenciais controles biológicos para *Arundo donax*. Especificamente, há o besouro verde *Schizaphiz graminum* na África e/ou Eurásia, as lagartas *Phothedes dulcis* na França e *Zyginidia guyumi* no Paquistão (AHMED *et al.*, 1977), e uma mariposa *Diatraea saccharalis* em Barbados (TRACY; DELOACH, 1999). A vespa *Tetramesa romana* está sendo monitorada na Califórnia (GUTHRIE, 2007).

Outra forma de manejar a espécie e evitar que ela se espalhe, pois essa espécie sobrevive e prospera em todos os tipos de solos, desde argilas pesadas, até areias soltas e cascalho (PERDUE, 1958), sendo que no Distrito Federal é encontrada em cascalheiras crescendo a uma taxa de até 1 cm/dia (SIMÕES, 2013). É uma das poucas espécies que invade tanto locais perturbados, com não perturbados (REJMÁNEK, 1989), não precisando de algum tipo de intervenção humana para se estabelecer. No entanto, a perturbação tem desempenhado um papel importante na invasão e no estabelecimento bem sucedido dessa espécie (BELL, 1997), uma vez que a alteração antrópica de determinados ecossistemas (tais como a adição de fertilizantes, ou solo removido de algum local) fornece condições mais adequadas para o seu crescimento (GUTHRIE, 2007). SIMÕES (2013) observou que no Distrito Federal a intervenção humana tem sido um importante fator no estabelecimento de *Arundo donax*, já que esse está se estabelecendo em locais de entulho, bota-fora e cascalheiras, como, por exemplo, o bairro do Noroeste (Figura 15).

Figura 15. Local de construção de stands de construtora no Noroeste, nas proximidades do Parque Nacional de Brasília, Distrito Federal. a) Imagem Geoeye, data: 31/08/2011, (b) Foto do local da imagem de satélite (Data da imagem: abril de 2011). Fonte: fotografia do autor.





Essa dispersão auxiliada pela intervenção humana também foi observada por Haddadchi *et al.* (2012). Esses autores concluíram alguns mecanismos pelos quais *Arundo donax* tem se dispersado no sudeste da Austrália: o transporte de propágulos vegetativos ao longo dos rios (até 200 km de distância da planta de origem), indicando que os rios servem como um corredor de dispersão eficaz para expansão dessa espécie; a dispersão de um genótipo entre bacias hidrográficas através de veículos ou máquinas agrícolas; e por fim, a dispersão de indivíduos, usados como ornamentais, de viveiros.

Dessa forma, é de suma importância para o controle dessa espécie que o Governo do Distrito Federal discipline e fiscalize a deposição de entulho, lixo e solo retirado principalmente de obras realizadas nessa Unidade da Federação. E que adote medidas de manejos mais eficazes para o seu controle, pois a roçagem mecanizada ao invés de resolver o problema está na verdade dispersando mais ainda a espécie.

## CONCLUSÃO

Essa monografia constata e alerta para a presença de *Arundo donax* no Distrito Federal, uma espécie agressiva e que está na lista das cem piores espécies exóticas do mundo. Os impactos dessa planta afetam tanto os sistemas bióticos, compostos de fauna, flora e microorganismos, além do sistema físico, como ar, água e solo.

Ainda não foram testadas práticas de manejo para essa espécie no Brasil. As principais práticas adotadas são as executadas na Califórnia, nos Estados Unidos. Essas práticas envolvem controle mecânico, químico e biológico. Devido a extensão do problema aqui no Distrito Federal é imprescindível o início do manejo dessa espécie como forma de controlar o processo de invasão biológica.

Para esse futuro trabalho de manejo, os pontos críticos da presença dessa espécie são os localizados nas imediações das Unidades de Conservação (Parque Nacional de Brasília, Reserva do IBGE e Jardim Botânico), e os localizados próximos aos cursos d'água. Esses pontos requerem um imediato monitoramento e controle do processo de invasão para se evitar impactos ambientais graves na biodiversidade e nos sistemas físicos.

É de suma importância para o controle dessa espécie que o Governo do Distrito Federal discipline e fiscalize a deposição de entulho, lixo e solo retirado principalmente de obras realizadas nessa Unidade da Federação. E que adote medidas de manejos mais eficazes para o seu controle, pois a roçagem mecanizada ao invés de resolver o problema está na verdade dispersando mais ainda a espécie.

## REFERÊNCIAS

- ABICHANDANI, S. L. **The potential impact of the invasive species *Arundo donax* on water resources along the Santa Clara River: Seasonal and Diurnal Transpiration.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais e Saúde, Universidade da Califórnia, Estados Unidos, 2007, 44p.
- AHMED, M.; JABBAR, A.; SAMAD, K. Ecology and behavior of *Zyginidia guyumi* (Typhlocyloinae: Cicadellidae) in Pakistan. **Pakistan Journal of Zoology**, n. 9, p. 79-85, 1977.
- AMBROSE, R. F.; RUNDEL, P. W. Influence of Nutrient Loading on the Invasion of an Alien Plant Species, Giant Reed (*Arundo donax*), In Southern California Riparian Ecosystems, UC Water Resources Center Technical Completion Report Project N°. W-960, 2007.
- ASNER, G. P.; BEATTY, S.W. Effects of an African grass invasion on Hawaian shrubland nitrogen biogeochemistry. **Plant & Soil**, n. 186, p. 205-211. 1996
- BARUCH, Z.; LUDLOW, M. M.; DAVIS, R. Photosynthetic responses of native and introduced C4 grasses from Venezuelan savannas. **Oecologia**, n. 67, p. 388-393. 1985
- BELL, G. P. Ecology and management of *Arundo donax* and approaches to riparian habitat restoration in Southern California. In: J. H. BROCK; M. WADE; P. PYSEK; D. GREEN (eds). **Plant Invasions: Studies from North America and Europe**. Leiden: Backhuys Publishers. 1997. p. 103–113.
- BOSSARD, C. C.; RANDALL, J. M.; HOSHOVSKY, M. C. **Invasive plants of California's wildlands**. Berkeley: University of California Presse. 2000. 360p.

- BOOSE, A. B.; HOLT, J. S. Environmental effects on asexual reproduction in *Arundo donax*. **Weed Research**, n. 39, p.117-127, 1999.
- BROMILOW, C. **Problem plants of South Africa – a guide to identification and control of more than 300 invasive plants and other weeds**. Pretoria: Briza Publications. 2001. 258p.
- BROOKS, M. L. Peak fire temperatures and effects on annual plants in the Mojave Desert. **Ecol. Appl.**, n. 12, p. 1088–1102. 2002
- Brooks, M. L. *et al.* Effects of invasive plants on fire regimes. **BioScience**, n. 54, p.677–688. 2004
- Byers, J. E. *et al.* Directing research to reduce the impacts of nonindigenous species. **Conservation Biology**, n. 16, p.630-640. 2001
- CALIFORNIA INVASIVE PLANT COUNCIL (Cal-IPC). ***Arundo donax*: Distribution and Impact Report**. 2011. Disponível em [http://www.cal-ipc.org/ip/research/arundo/Arundo%20Distribution%20and%20Impact%20Report\\_Cal-IPC\\_March%202011.pdf](http://www.cal-ipc.org/ip/research/arundo/Arundo%20Distribution%20and%20Impact%20Report_Cal-IPC_March%202011.pdf). Acesso em 10 de março de 2012.
- CENTRO DE PESQUISAS DE ESPÉCIES INVASORAS – UNIVERSIDADE DA CALIFÓRNIA. **Giant Reed**. 2012. Disponível em [http://civr.ucr.edu/giant\\_reed\\_arundo.html](http://civr.ucr.edu/giant_reed_arundo.html). Acesso em 10 de janeiro de 2012.
- CHADWICK; ASSOCIATES. Santa Ana River use attainability analysis. Volume 2: **Aquatic biology, habitat and toxicity analysis**. Santa Ana Watershed Project Authority, Riverside. 1992.
- CHRISTOU, M. 2001. Giant Reed in Europe. In: **Proceedings of the 1<sup>th</sup> World Conference on Biomass for Energy and Industry**, Sevilha, Espanha, 5–9 Junho, 2000. p. 2092–2094.

- COFFMAN, G. C.; AMBROSE, R. F.; RUNDEL, P. W. Invasion of *Arundo donax* in river ecosystems of Mediterranean climates: causes, impacts and management strategies. In: **Proceedings of the 10<sup>th</sup> MEDECOS Conference**, 25 Abril – 1 Maio 2004, Ilha de Rhodes, Grécia. 2004. p. 1-8.
- COFFMAN, G. C. **Factors Influencing Invasion of Giant Reed (*Arundo donax*) in Riparian Ecosystems of Mediterranean-type Climate Regions**. Tese (Doutorado). Programa de Filosofia e Ciências Ambientais e da Saúde, Universidade da California, Estados Unidos. 2007, 282p.
- COSENTINO, S. L. *et al.* First results on evaluation of *Arundo donax* L. clones collected in Southern Italy. **Industrial Crops and Products**, n. 23, p. 212–22. 2005.
- COUTINHO, L. M. Aspectos ecológicos da saúva no cerrado - os murundus de terra, as características psamofíticas das espécies de sua vegetação e a sua invasão pelo capim-gordura. **Revista Brasileira de Botânica**, n. 42, p. 147-153, 1982.
- COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of the Brazilian cerrado. In: Goldammer, J. (ed.) **Fire in the Tropical Biota**. Berlim: Springer-Verlag. 1990. p. 273-291.
- D'ANTONIO, C. M. Fire, plant invasions, and global changes. In: MOONEY, H. A., HOBBS, R. J. (eds) **Invasive Species in a Changing World**. Washington: Island Press. 2000. p. 65–93.
- D'ANTONIO, C. M.; MEYERSON, L. A. Exotic plant species as problems and solutions in ecological restoration: a synthesis. **Restoration Ecology**, n. 10, p.703-713. 2002.
- D'ANTONIO, C. M.; VITOUSEK, P. M. Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. **Annual Review of Ecology and Systematics**, n. 23, p. 63-87. 1992.

- DAAR, S. Using goats for brush control. **The IPM Practitioner**, n. 5, p.4-6. 1983.
- DECRUYENAERE, J. G.; HOLT, J. S. Seasonality of clonal propagation in giant reed. **Weed Science**, n. 49, p. 760-767. 2001.
- DECRUYENAERE, J. G.; HOLT, J. S. Ramet demography of a clonal invader, *Arundo donax* (Poaceae), in Southern California. **Plant and Soil**, n. 277, p.41–52. 2005.
- DI CASTRI, F. An ecological overview of the five regions with a Mediterranean climate. In: GROVES, R. H.; DI CASTRI, F. (eds) **Biogeography of Mediterranean Invasions**. Cambridge: Cambridge University Press. 1991. p. 3-16.
- DISCOVER LIFE. Mapa de distribuição de *Arundo donax* no mundo. 2012. Disponível em [http://www.discoverlife.org/mp/20m?kind=Arundo+donax&guide=North\\_American\\_Invasives&flags=HAS:](http://www.discoverlife.org/mp/20m?kind=Arundo+donax&guide=North_American_Invasives&flags=HAS:). Acesso em 05 de janeiro de 2013.
- DITOMASO, J. M. Biology and ecology of giant reed. In: Bell, C.E. (ed) **Arundo and Saltcedar: the Deadly Duo** – Proceedings of a workshop on combating the threat from *Arundo* and saltcedar. University of California Cooperative Extension. 1998. p. 1-5.
- DITOMASO, R. *et al.* Effects of invasive plants on fire regimes. **Bioscience**, n. 54, p. 677-688. 2004.
- DOUCE, R. S. The biological pollution of *Arundo donax* in river estuaries and beaches. In **Proceedings of the Arundo donax workshop**, 1993, Ontário, Canadá.
- DUDLEY, T. L. 2000. *Arundo donax* L. In: C. C. BOSSARD; J. M. RANDALL (eds) **Invasive Plants of California's Wildlands**. Berkeley: University of California Press. 2000. p. 53–58.

- DUDLEY, T. L.; COLLINS, B. **Biological invasions in California wetlands: the impacts and control of non-indigenous species in natural areas**. Oakland: Pacific Institute for Studies in Development, Environment and Security. 1995. 59p.
- DUKES, J. S.; MOONEY, H. A. Revista Chilena de Historia Natural, n. 77, p. 411–437. 2004.
- ELMORE, C. L. Use of solarization for weed control. In: DEVAY, J. E.; STAPLETON, J. J.; ELMORE, C. L. (eds) **Soil Solarization**. Roma: United Nations. 1990, p. 61-72.
- ELSE, J. A. **Post-flood establishment of native woody species and an exotic, *Arundo donax*, in a Southern California riparian system**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Ciências. Universidade de San Diego, Estados Unidos. 1996. 81p.
- ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA - DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA. Eradication of *Arundo donax*: San Francisquito and Soledad Canyons. Environmental Assessment. Arcadia, Califórnia. 1993.
- EVANS R. C. *et al.* Estimates of isoprene and monoterpene emission rates in plants. **Botanical Gazette**, n. 143, p. 304-310. 1982.
- FILGUEIRAS, T. DE S. Africanas no Brasil: Gramíneas introduzidas da África. **Cadernos de Geociências**, n. 5, p. 57 -63. 1990.
- FRANDSEN, P. E JACKSON, N. Impact of *Arundo donax* on flood control and endangered species. In: **Proceedings of the *Arundo donax***, workshop, 1993, Ontário, Canadá.
- FRANDSEN, P. TEAM *Arundo*: Interagency cooperation to control giant cane (*Arundo donax*). In: J. O. Luken e J. W. Thieret (eds) **Assessment and Management of Plant Invasions**. Nova Iorque: Springer. 1997. p. 244–248.

- FREITAS, G. K. **Invasão biológica pelo capim-gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.) em um fragmento de Cerrado (A.R.I.E Cerrado Pé-de-Gigante, Santa Rita do Passa Quatro, SP).** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Ecologia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1999. 157p.
- GAFFNEY, K. A. E GLEDHILL, K. Influence of giant reed on floodplain riparian plant communities: implications for invasive plant control and habitat restoration at the watershed level. *In: Proceedings of the Riparian Habitat and Floodplains Conference*, 2003, Sacramento, Estados Unidos.
- GIESY, J. P.; DOBSON, S.; SOLOMON, K. R. Ecotoxicological risk assessment for Roundup herbicide. **Reviews of Environmental Contamination & Toxicology**, n. 167, p. 35-120. 2000.
- Grossinger, R. *et al.* **Introduced Tidal Marsh Plants in the San Francisco Estuary: Regional Distribution and Priorities for Control.** Richmond: San Francisco Estuary Institute. 1998. 42p.
- Guthrie, G. **Impacts of the invasive reed *Arundo donax* on biodiversity at the community-ecosystem level.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Biodiversidade e Biologia da Conservação, Universidade Western Cape, Cidade do Cabo. 2007. 171p.
- HADDADCHI, A.; GROSS, C. L.; FATEMI, M. The expansion of sterile *Arundo donax* (Poaceae) in southeastern Australia is accompanied by genotypic variation. **Aquatic Botany**, n. 104, p. 153–161. 2012.
- HENDRICKSON, D.; MCGAUGH, S. *Arundo donax* (Carrizo Grande/Giant Cane) in Cuatro Ciénegas. 2005. 17p. Disponível em <http://www.desertfishes.org/cuatroc/organisms/non-native/arundo/Arundo.html>. Acesso em 15/05/2010.



- HERRERA, A. M.; DUDLEY, T. L. Reduction of riparian arthropod abundance and diversity as a consequence of giant reed (*Arundo donax*) invasion. **Biological Invasions**, n. 5, p. 167-177. 2003
- HEWITT, C. N.; MONSON, R. K.; FALL, R. Isoprene emissions from the grass *Arundo donax* L. are not linked to photorespiration. **Plant Science**, n. 66, p. 139-144. 1990.
- HICKMAN, J. C. **The Jepson Manual: Higher Plants of California**. Berkeley: University of California Press. 1993. 1424p.
- HOROWITZ C.; MARTINS, C. R.; MACHADO, T. **Espécies exóticas arbóreas, arbustivas e herbáceas que ocorrem nas zonas de uso especial e de uso intensivo do Parque Nacional de Brasília: diagnósticos e manejo**. Brasília: IBAMA. 2007. 57p.
- HUGHES, F.; VITOUSEK, P. M.; TUNISON, T. Alien grass invasion and fire in the seasonal submontane zone of Hawaii. **Ecology**, 72:743-746. 1991.
- INTEGRATED TAXONOMIC INFORMATION SYSTEM (ITIS). Catalogue of Life: *Arundo. donax.* Disponível em [http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=41450](http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=41450). Acesso em 04 de agosto de 2012.
- IVERSON, M. The impact of *Arundo donax* on water resources. In: **Proceedings of the Arundo donax workshop**, 1993, Ontário, Canadá.
- JACKSON, N. E. The story of Team Arundo. **California EPPC News (United States)**, n. 1, p. 6-7. 1993.
- JOHNSON, M.; DUDLEY, T.; BURNS, C. Seed production in *Arundo donax*? **Cal-IPC News Fall**, n. 14, p. 12-13. 2006.

- KATAN, J. *et al.*. First decade (1976-1986) of soil solarization (solar heating) – A chronological bibliography. **Phytoparasitica**, n. 15, p. 229-255. 1987
- KEELEY, J. E.; FOTHERINGHAM, C. J. Lessons learned from the wildfires of October 2003. *In*: HALSEY, R. W (ed) **Fire, Chaparral, and Survival in Southern California**, San Diego: Sunbelt Publications. 2005. p. 112–122.
- KEELEY, J. E. Invasive plants and fire management in California Mediterranean-climate ecosystems. *In*: ARIANOUTSOU, M.; PAPANASTASIS, V. P. (eds) **10<sup>th</sup> International Conference on Mediterranean Climate Ecosystems (MEDECOS)**. 2004. Millpress: Rhodes, Grécia.
- KLINK, C. A. Effects of clipping on size and tillering of native and African grasses of the Brazilian savannas (the Cerrado). **Oikos**, n. 70, p. 365-376. 1994.
- KLINK, C. A.; MACEDO, R. H.; MUELLER, C. C. **De Grão em Grão o Cerrado Perde espaço**. Brasília: WWF. 1995. 66p.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, n. 1, p.147-155. 2005.
- KHUDAMRONGSAWAT, J.; TAYYAR, R.; HOLT, J. S. Genetic diversity of giant reed (*Arundo donax*) in the Santa Ana River, California. **Weed Science**, n. 52, p. 395–405. 2004.
- LEVINE, J. M. *et al.* Mechanisms underlying the impacts of exotic plant invasions. **Proc. R. Soc. Lond. B**, n. 270, p. 775-781. 2003
- LEWANDOWSKI, I. *et al.* The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. **Biomass and Bioenergy**, n. 25, p. 335-361. 2003.

- LOCKWOOD, J. L.; HOOPEES, M. F.; MARCHETTI, M. P. *Invasion ecology*. Oxford: Blackwell Publishing. 2007. 312p.
- LOWE S.; BROWNE, M.; BOUDJELAS, S.; DE POORTER, M. **100 of the World's Worst Invasive Alien Species A selection from the Global Invasive Species Database**. Nova Zelândia: The World Conservation Union (IUCN). 2000. 12p.
- Machado, R. B. *et al.* **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Brasília: Conservation International do Brasil. 2004. 25p.
- Mack, R. N. *et al.* Biotic invasions: cause, epidemiology, global consequences, and control. **Ecological Applications**, n. 10, p. 689-710. 2000.
- MACDONALD, I. A.; W.; POWRIE, F. J.; SIEGFRIEND, W. R. The differential invasions of southern African's biomes and ecosystems by alien plants and animals. *In*: I. A. W. MACDONALD; F. J. KRUGER A. A. FERRAR (eds) **The ecology & management of biological invasions in Southern Africa**. Oxford: Oxford University Press. 1986. p. 209-225.
- MACDONALD, I. A. W. The invasion of introduce species into nature reserves in tropical savannas and dry woodlands. **Biological Conservation**, 44:67-93. 1988.
- MACKENZIE, A. Giant Reed. *The Weed Workers' Handbook*. C. HARRINGTON; A. HAYES (eds). Califórnia: The Watershed Project and California Invasive Plant Council. 2004. p. 92-93.
- MARIANI, C. *et al.* Origin, diffusion and reproduction of the giant reed (*Arundo donax* L.): a promising weedy energy crop. **Annals of Applied Biology**, n. 157, p. 191–202. 2010.

- MARTINS, C. R. **Caracterização e manejo da gramínea *Melinis minutiflora* P. Beauv. (Capim-Gordura): uma espécie invasora do cerrado.** Tese (Doutorado). Programa de Pós Graduação Ecologia, Universidade de Brasília, Brasil. 2006. 145p.
- MARTINS, C. R.; LEITE, L. L.; HARIDSAN, M. Capim-gordura (*Melinis minutiflora* P. Beauv.), uma gramínea exótica que compromete a recuperação de áreas degradadas em unidades de conservação. **Revista Árvore**, n. 5, p.739-747, 2004.
- MARTINS, C. R. *et al.* Levantamento das gramíneas exóticas do Parque Nacional de Brasília, Distrito Federal, Brasil. **Natureza e Conservação**, n. 5, p. 23-30. 2007.
- MENDONÇA, R. *et al.* Flora vascular do Cerrado. In: S. M. SANO; S. P. ALMEIDA (eds.) **Cerrado: Ambiente e Flora**. Brasília: EMBRAPA. 1998. p. 289-556.
- MILES, D. H. *et al.* Boll weevil antifeedants from *Arundo donax*. **Phytochemistry**, n. 34, p. 1277-1279. 1993
- MILTON, S. J. Grasses as invasive alien plants in South Africa. **South African Journal of Science**, n. 100, p. 69-75. 2004.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Primeiro relatório nacional para a Conservação sobre Diversidade Biológica**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente (MMA). 1998. 284p.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Convenção sobre Diversidade Biológica**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente (MMA). 2000. 32p.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Resolução CONABIO n.º 05, de 21 de outubro de 2009. 2012. Disponível em [http://www.mma.gov.br/estruturas/conabio/\\_arquivos/resoluo\\_conabio05\\_estrategia\\_32a\\_nacional\\_especies\\_exticas\\_invasoras\\_15.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/conabio/_arquivos/resoluo_conabio05_estrategia_32a_nacional_especies_exticas_invasoras_15.pdf). Acesso em 15 de abril de 2010.

- MONHEIT, S. **Glyphosate-based aquatic herbicides – an overview of risk**. California Department of Food & Agriculture, Integrated Pest Control. Noxious Times, Summer, 2003. p. 5-9.
- MOROSINI, I. B.; KLINK, C. A. Interferência do capim-gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.) no desenvolvimento de plântulas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trécul). In: L. L. LEITE; C. H. SAITO (eds) **Contribuição ao conhecimento ecológico do Cerrado**. Brasília: Universidade de Brasília. 1997. p. 82-86.
- MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, n. 403, p. 853-858. 2000.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). The future we want. 2012. Disponível em <http://hotsite.mma.gov.br/rio20/wp-content/uploads/THE-FUTURE-WE-WANT.pdf>. Acesso em 12 de novembro de 2012.
- PANETTA, F. D.; TIMMINS, S. M. Evaluating the feasibility of eradication for terrestrial weed incursions. **Plant Protection Quartely**, n. 19, p. 5-11. 2004.
- PAPAZOGLU, E. G. *et al.* Photosynthesis and growth responses of giant reed (*Arundo donax* L.) to the heavy metals Cd and Ni. **Environment International**, p. 31, n. 243-249. 2005.
- PECK, G.G. Hydroponic growth characteristics of *Arundo donax* L. under salt stress. In: BELL, C. E. (ed) **Arundo and saltcedar: the deadly duo: Proceedings of a workshop on combating the threat from Arundo and saltcedar**. Universidade da Califórnia, Cooperative Extension, 1998. 71p.
- PERDUE, R. E. 1958. *Arundo donax* - source of musical reeds and industrial cellulose. **Economic Botany**, n. 12, p. 157-172. 1958.

- PIVELLO, V. R.; SHIDA, C. N.; MEIRELLES, S. T. Alien grasses in Brazilian savannas: a threat to biodiversity. **Biodiversity & Conservation**, n. 8, p. 1281-1294, 1999a.
- PIVELLO, V. R. *et al.* Abundance and distribution of native and invasive alien grasses in a ‘cerrado’ (Brazilian savanna) biological reserve. **Biotropica**, n. 31, p. 71-82. 1999b.
- PIVELLO, V. R. Invasões Biológicas no Cerrado Brasileiro: Efeitos da Introdução de Espécies Exóticas sobre a Biodiversidade. 2011. Disponível em <http://www.ecologia.info/cerrado.htm>. Acesso em 15 de setembro de 2012
- POLUNIN, O.; A. HUXLEY. **Flowers of the Mediterranean**. Londres: Hogarth. 1987. 199p.
- REJMÁNEK, M. Invasibility of plant communities. *In*: DRAKE, J. A. *et al* (eds). **Biological Invasions: a global perspective**. Chichester: John Wiley & Sons. 1989. p. 369-388.
- RIEGER, J. P.; KREAGER, A. Giant reed (*Arundo donax*): a climax community of the riparian zone. *In*: **Proceedings of the California Riparian Systems Conference**, 1988, Davis, California, Estados Unidos. 1989. p. 222-225.
- RIEGER, J. P.; KREAGER, D. A. Giant reed (*Arundo donax*): a climax community of the riparian zone. **USDA Forest Service General Technical Report PSW**, n. 110, p. 222-225. 1998.
- ROSSA, B. *et al.* 1998. *Arundo donax* L. (Poaceae): a C3 species with unusually high photosynthetic capacity. **Botanica Acta**, n. 111, p. 216–21. 1998.
- SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado Ecologia e Flora**, Volume 2. Brasília: EMBRAPA. 2008. 1279p.
- SCOTT, G. 1994. *Arundo donax*. *In*: JACKSON, N. E.; FRANDSEN, P.; DOUTHIT, S. (eds) **Workshop Proceedings**. Ontário, Canadá, 1994. p. 17–18.

- SHAFROTH, P. B. *et al.* 2005. Control of *Tamarix* in the western United States: Implications for water salvage, wildlife use, and riparian restoration. **Environmental Management**, n. 35, p. 231-246. 2005.
- SHARMA, K. P.; KUSHWAHA, S. P. S; GOPAL, B. A comparative study of stand structure and standing crops of two wetland species, *Arundo donax* and *Phragmites karka*, and primary production in *Arundo donax* with observations on the effect of clipping. **Tropical Ecology**, n. 39, p. 3-14. 1998.
- SILVA, J. M. C.; BAETAS, J. M. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a tropical savanna hotspot. **BioScience**, n. 52, p. 225-233. 2002.
- SIMÕES, K. C. C. 2013. **Ocorrência e caracterização da espécie invasora *Arundo donax* L. (CANA-DO-REINO) no Distrito Federal, Brasil**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação Ecologia, Universidade de Brasília, Brasil. 2013. 125p.
- SPENCER, D. F. *et al.* Estimating *Arundo donax* shoot biomass. **Aquatic Botany**, n. 84, p. 272-276. 2006.
- TEAM ARUNDO DEL NORTE. Controlling Arundo in your watershed: a guide for organizations. US Environmental Protection Agency and California Department of Fish and Game. 1999a. Disponível em [http://teamarundo.org/education/org\\_guide.pdf](http://teamarundo.org/education/org_guide.pdf). Acesso em 10 de agosto de 2012.
- TEAM ARUNDO DEL NORTE. *Arundo donax*: Status and management needs in the CALFED Bay-Delta Watershed. 1999b. Disponível em [http://teamarundo.org/control\\_manage/whitepaper.txt](http://teamarundo.org/control_manage/whitepaper.txt). Acesso em 10 de agosto de 2012.
- TRACY, J. L.; DELOACH, C. J. Suitability of classical biological control for giant reed (*Arundo donax*). In: **Proceedings of the Arundo and Saltcedar Workshop**, Ontário, Estados Unidos. 1999. p. 73– 109.



- TU, M.; HURD, C.; RANDALL, J. M. **Weed Control Methods Handbook: Tools and Techniques for Use in Natural Areas**. California: The Nature Conservancy. 2001. 219p.
- UNESCO. **Vegetação no Distrito Federal – tempo e espaço**. Brasília: UNESCO. 2000. 74p.
- WATTS, D. A. **Dynamics of water use and responses to herbivory in the invasive reed, *Arundo donax* (L.)**, Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Ciências, Ecossistema e Manejo. Universidade do Texas, Estados Unidos. 2009.
- WILLIAMS, G. M.; KROES, R.; MUNRO, I. C. Safety evaluation and risk assessment of the herbicide Roundup and its active ingredient, glyphosate, for humans. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, n. 31, p. 117-165, 2000
- WYND, F. L.; STEINBAUER, G. P.; DIAZ, N. R. *Arundo donax* as a forage grass in sandy soils. **Lloydia**, n. 11, p. 181-184. 1948.
- ZIMMERMAN, P. Rates of transpiration by a native willow, *Salix exigua*, and by a non-native invasive, *Arundo donax*, in a riparian corridor of northern California. **In: Proceedings of the California Exotic Pest Plant Council**, 1999, Sacramento, Califórnia.